

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'Écologie et Environnement

Laboratoire d'Ecologie et Gestion des Écosystèmes Naturels



MÉMOIRE

Présenté par :

DROUCHE MOHAMMED

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Ecologie Végétale et Environnement

Thème :

**Etude de la bioécologie d'*Opuntia ficus-indica* L. dans la région de Tlemcen et
essais de l'huile essentiel d'*Eucalyptus globulus* dans la lutte contre
Dactylopius opuntiae, son principal ravageur**

Soutenu le : 26 juin 2023.....devant le jury composé de :

Présidente	Dr Tabti Leila	MCA	Université ABB Tlemcen
Encadrante	Dr Tabti Nassima	MCA	Université ABB Tlemcen
Examinatrice	Dr Bensouna Amel	MCB	Université ABB Tlemcen

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

*Tout d'abord, je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers mon encadrante, Mme **Tabti Nassima** MCA au niveau de la faculté SNV/STU Université ABB Tlemcen, pour son précieux soutien tout au long de la réalisation de mon mémoire. Sa guidance, son expertise et son dévouement ont été d'une aide inestimable. Merci pour sa confiance, sa disponibilité et ses encouragements. Ce mémoire n'aurait pas été possible sans vous. Merci du fond du cœur.*

*Je suis profondément reconnaissant envers Mr **Morsli Mehdi** doctorant en Ecologie Animale UABT, pour son soutien précieux tout au long de mon mémoire. Sa contribution experte et son dévouement ont été d'une valeur inestimable. Merci pour votre soutien précieux.*

*Mes remerciements s'adressent aussi au Professeur **Gaouar Nassira** Cheffe de l'équipe n°03 du laboratoire LECGEN pour ses encouragements.*

*Je tiens à remercier Mme **Tabti Leila** MCA, Département d'écologie et environnement, Faculté SNV/STU, Université de Tlemcen d'avoir accepté la présidence du jury. Aussi je tenais à vous exprimer ma plus profonde gratitude pour votre implication et votre accompagnement durant la réalisation de ce travail.*

*Je tiens à adresser un sincère remerciement à Mme **Bensouna Amel** MCB Université de Tlemcen pour avoir accepté de juger mon travail.*

*Je tiens à adresser un sincère remerciement à Pr **Ghanem** chef de laboratoire **LASNABIO**.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

À ma mère extraordinaire, ma source infinie d'amour, de soutien et de sagesse. Tu as été avec moi tout au long de ce parcours académique. Tes encouragements constants, tes prières pour moi, ta confiance en moi et ton dévouement inébranlable ont été les piliers qui m'ont permis d'atteindre mes objectifs. Merci d'avoir cru en moi, même lorsque je doutais de moi-même. Cette réalisation est autant la tienne que la mienne. Je t'aime profondément.

À mon père extraordinaire, ma source d'inspiration en matière de force, de persévérance et de détermination. Tes précieux conseils, ta patience infinie et ton soutien inébranlable ont joué un rôle essentiel tout au long de mon parcours académique. Grâce à toi, j'ai compris l'importance du travail acharné, de l'intégrité et de la poursuite de mes rêves. Je te suis profondément reconnaissant pour tous les sacrifices que tu as consentis afin de me voir réussir. Mes remerciements les plus sincères, papa, du fond du cœur.

À mes frères et ma sœur adorés, mes compagnons de vie et mes alliés inconditionnels. Vous avez été mes plus grands supporters tout au long de ce cheminement académique. Votre soutien, vos encouragements et votre affection ont été une source d'inspiration inépuisable. Merci d'avoir partagé cette aventure avec moi, de m'avoir soutenu dans les hauts et les bas, et de croire en moi lorsque j'en avais le plus besoin. Je suis honoré d'avoir des frères et sœur aussi merveilleux que vous.

À mes chers amis et amies mes compagnons de route et mes anges gardiens. Votre présence joyeuse, votre soutien inébranlable et votre amitié sincère ont éclairé mon chemin tout au long de cette expérience académique. Vos encouragements, vos conversations stimulantes et votre capacité à me remonter le moral ont été des bouées de sauvetage dans les moments de doute. Merci d'avoir cru en moi, de m'avoir poussé à me dépasser et de m'avoir accompagné(e) avec amour et loyauté. Je suis béni(e) d'avoir des amis(es) aussi incroyables que vous.

SOMMAIRE

INTRODUCTION :	1
----------------	---

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1	<i>OPUNTIAE FICUS INDICA</i> L. (PLANTES HOTE).....	2
1.1	DEFINITIONS :	2
1.2	ORIGINES ET HISTORIQUE D' <i>OPUNTIA</i> :	2
1.3	REPARTITIONS GEOGRAPHIQUES :	3
1.4	SYSTEMATIQUE :	3
1.5	MORPHOLOGIE D' <i>OPUNTIA</i> :	4
1.6	EXIGENCES PEDOLOGIQUES :	6
1.7	EXIGENCES CLIMATIQUE :	7
1.8	INTERET ECOLOGIQUE, SOCIAL, ECONOMIQUE D' <i>OPUNTIA</i> ()	8
1.9	LES MALADIES D' <i>OPUNTIA</i> :	9
1.10	LES INSECTES RAVAGEURS D' <i>OPUNTIA</i> :	11
2	<i>DACTYLOPIUS OPUNTIAE</i> (RAVAGEUR) ET <i>EUCALYPTUS GLOBULUS</i> (MOYEN DE LUTTE)	13
2.1	<i>DACTYLOPIUS OPUNTIAE</i>	13
2.1.1	<i>Généralités et origine</i> :	13
2.1.2	<i>Systématique</i> :	14
2.1.3	<i>Cycle de vie et description</i>	15
2.1.4	<i>Utilités de Dactylopius Opuntiae</i>	17
2.1.5	<i>Dégâts en Algérie</i>	19
2.1.6	<i>Moyen de lutte</i>	19
2.2	<i>EUCALYPTUS GLOBULUS</i>	22
2.2.1	<i>Généralité</i> :	22
2.2.2	<i>Systématique</i>	22
2.2.3	<i>Descriptions</i>	22
2.2.4	<i>Effet et utilités de l'huile essentiel d'Eucalyptus globulus</i>	24
2.2.5	<i>Effet de l'hydrolat d'Eucalyptus globulus</i>	24
2.2.6	<i>Effet de la poudre d'Eucalyptus globulus</i>	25

Chapitres II : Matériel Et Méthodes

1	PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	26
1.1	SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION DE NEDROMA	26
1.2	HYDROLOGIE	26
1.3	PEDOLOGIE	27
1.4	GEOLOGIE :	27
2	ETUDE BIOCLIMATIQUE.....	27
2.1	SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA STATION D'ETUDE :	28
2.2	PRECIPITATIONS	28
2.3	TEMPERATURE.....	29
2.4	DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE BAGNOULS ET GAUSSEN (1953).....	31
2.5	QUOTIENT PLUVIOTHERMIQUE D'EMBERGER.....	32
3	ETUDE ENTOMOLOGIQUE.....	33
3.1	ECHANTILLONS DES CLADODES D' <i>OPUNTIA FICUS INDICA</i>	33
4	ETUDE PHYTOLOGIQUE	34
4.1	MATERIEL VEGETALES.....	34
4.2	COLLECTE DE MATERIELS VEGETALES.....	34

4.2.1	Procédé d'extraction de l'huile essentiel :	35
4.2.2	Méthodes	35
4.2.3	Conservations des huiles essentielles	35
4.2.4	Conservations d'hydrolat	35
4.2.5	Détermination du rendement en huiles essentielles	35
4.2.6	Méthodes d'obtention de la poudre	36
5	METHODE DE LA LUTTE BIOLOGIQUE PAR L'HUILE ESSENTIEL, HYDROLAT ET LA POUDRE VEGETALE D' <i>EUCALYPTUS GLOBULUS</i>	37
5.1	MATIERES VEGETALES :	37
5.2	PRODUIT CHIMIQUE :	37
5.3	MATERIELS UTILISE	37
6	METHODE DE LUTTE	39

Chapitre III : Résultats Et Discussion

1	ETUDE PHYTOCHIMIQUE	42
1.1	CARACTERISTIQUES DE L'HUILE ESSENTIELLE	42
1.2	RENDEMENT EN HUILE ESSENTIELLE	42
2	ACTIVITE INSECTICIDE DE L'HUILE ESSENTIELLE D' <i>EUCALYPTUS</i> <i>GLOBULUS</i> SUR <i>DACTYLOPIUS OPUNTIAE</i>	44
2.1	CALCUL DES TAUX DE MORTALITE DE <i>DACTYLOPIUS OPUNTIAE</i>	44
2.2	INTERPRETATION	45
2.3	PAR INHALATION :	45
2.4	INTERPRETATIONS	46
2.5	ESTIMATIONS DE LA DOSE LETALE	48
2.6	DISCUSSION	49
3	ACTIVITE INSECTICIDE D'HYDROLAT D' <i>EUCALYPTUS GLOBULUS</i> SUR <i>DACTYLOPIUS OPUNTIAE</i>	50
3.1	PAR CONTACT:	50
4	ACTIVITE INSECTICIDE DE LA POUDRE VEGETALE D' <i>EUCALYPTUS</i> <i>GLOBULUS</i> SUR <i>DACTYLOPIUS OPUNTIAE</i>	51
5	DISCUSSION	52
	<i>CONCLUSION</i>	53
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	53

Listes de figures

Figure 1: Distribution géographique du figuier de barbarie dans le monde.....	3
Figure 2: Schéma descriptif de détail d'Opuntia Ficus-Indica (Schweizer, 1997)	6
Figure 3: Maladies de pourriture des racines	9
Figure 4: Maladies de pourriture des cladodes	10
Figure 5: La maladie de la mosaïque de l'opuntia.....	11
Figure 6: Cladode de figue de barbarie touché par la cochenille farineuse de l'Opuntia	11
Figure 7: Fruit d'opuntia ravagé par la mouche <i>Ceratitis capitata</i>	12
Figure 8: <i>Dactylopius opuntiae</i> sous microscope x10.....	13
Figure 9: Cladode de l'opuntia touché par <i>Dactylopius opuntiae</i>	14
Figure 10: Males de <i>Dactylopius opuntiae</i>	15
Figure 11: Femelles de <i>Dactylopius opuntiae</i>	15
Figure 12 : Cycle de vie de <i>Dactylopius opuntiae</i> de l'œuf à l'adulte (FAO,2018)	17
Figure 13: Rouge Carmin (web)	18
Figure 14: Utilisations des Retro chargeurs pour arracher les plantes touchées par <i>Dactylopius opuntiae</i> par la commune de Nedroma.....	21
Figure 15: <i>Eucalyptus globulus</i>	23
Figure 16: Situation géographique de Nedroma (Google maps,2023)	26
Figure 17: Moyennes mensuelles des précipitations de la station Nedroma (1991-2021).....	29
Figure 18: Moyennes mensuelles des températures de la station Nedroma (1991-2021).....	30
Figure 19: Moyennes mensuelles maximales et minimales des températures de la station Nedroma (1991-2021)	31
Figure 20: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la station de Nedroma	32
Figure 21: Climagramme de la région de Nedroma (1991-2021).....	33
Figure 22: la station d'étude de Nedroma (Google earth 2023).....	34
Figure 23: Montage d'hydro distillation type Clevenger	35
Figure 24: Poudre d' <i>Eucalyptus globulus</i>	36
Figure 25: Le Diméthyl Sulfoxyde (DMSO)	37
Figure 26: Matériels	38
Figure 27: Traitement par la poudre.....	40
Figure 28: Traitement par l'hydrolat et l'huile essentielle.....	40
Figure 29: Activité insecticide de l'huile essentielle de <i>Eucalyptus globulus</i> par contact	46
Figure 30: Comparaison de l'effet insecticide de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus</i> dans la lutte contre <i>Dactylopius opuntiae</i> par contact et par inhalation	47
Figure 31: courbes des points des Log des doses (Logiciel SPSS).....	48
Figure 32: Activité insecticide de l'hydrolat de <i>Eucalyptus globulus</i> par contact.....	50
Figure 33: Activité insecticide de la poudre de <i>Eucalyptus globulus</i>	52

Listes des tableaux

Tableau 1: Taux d'infestation de <i>Dactylopius opuntiae</i> dans la région de Tlemcen (El Bouhissi et al,2021)	19
Tableau 2: Caractéristique de la Station Nedroma (Application : Mes coordonnées GPS).....	28
Tableau 3: Moyenne mensuelles des précipitations de la station Nedroma (1991-2021).....	28
Tableau 4: Moyennes mensuelles des températures de la station Nedroma (1991-2021)	29
Tableau 5: Moyennes mensuelles maximales et minimales des températures de la station Nedroma (1991-2021)	30
Tableau 6: Quotient Pluviothermique d'Emberger	32
Tableau 7: Paramètres géographique de site de l'espèce récoltée.	34
Tableau 8: Caractéristiques de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i>	42
Tableau 9: Rendement en huile essentielle de la plante sèche	42
Tableau 10: Rendement en huile essentielle de la plante fraîche.....	43
Tableau 11: Activité insecticide de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> par contact.....	44
Tableau 12: Activité insecticide de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> par inhalation	46
Tableau 13: Valeurs estimées des concentrations létales pour <i>Dactylopius opuntiae</i> de <i>Eucalyptus globulus</i>	48
Tableau 14: Activité insecticide de l'hydrolat d' <i>Eucalyptus globulus</i> par contact.....	50
Tableau 15: Activité insecticide de la poudre de <i>Eucalyptus globulus</i>	51

Introduction

Introduction :

L'*Opuntia ficus indica*, communément appelé figuier de Barbarie, est une plante succulente largement répandue en Algérie. Cette plante présente une importance économique significative, non seulement en tant que source de fruits comestibles, mais aussi en raison de ses propriétés médicinales et de sa résistance aux conditions climatiques arides (**Belhadi et al., 2018**). Cependant, la culture de l'*Opuntia ficus indica* est souvent menacée par l'infestation du ravageur *Dactylopius opuntiae*.

Dactylopius opuntiae, connu sous le nom de cochenille du figuier de Barbarie, est un insecte piqueur-suceur qui se nourrit de la sève des cactus, y compris l'*Opuntia ficus indica*. Cette cochenille peut causer des dommages considérables aux cultures, réduisant la productivité et la qualité des figues de Barbarie (**Gomez et al., 2012**). En conséquence, il est essentiel de développer des méthodes de lutte efficaces pour contrôler cette infestation et préserver la santé des plantes d'*Opuntia ficus indica*.

La lutte biologique offre une approche respectueuse de l'environnement pour la gestion des ravageurs agricoles. Parmi les méthodes de lutte biologique, l'utilisation d'huiles essentielles dérivées de plantes s'est révélée prometteuse dans le contrôle des insectes nuisibles. Les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, par exemple, sont connues pour leurs propriétés insecticides potentielles et leur faible toxicité pour l'environnement (**Isman, 2006**). Ces huiles essentielles peuvent être utilisées dans des formulations spécifiques pour cibler les ravageurs et réduire leur population.

Dans cette étude, nous nous proposons d'évaluer les effets insecticides de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur *Dactylopius opuntiae*. Nous examinerons les effets de différentes concentrations d'huile essentielle sur la mortalité de *Dactylopius opuntiae* par contact et par inhalation. L'objectif est de déterminer l'efficacité de cette huile essentielle dans le contrôle de *Dactylopius opuntiae* et d'explorer son potentiel en tant que méthode de lutte alternative dans la culture de l'*Opuntia ficus indica* en Algérie.

Nous visons à contribuer à la compréhension de l'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre *Dactylopius opuntiae* et à fournir des informations pratiques pour les agriculteurs algériens qui cultivent l'*Opuntia ficus indica*.

Chapitre I
Synthèse
bibliographique

1 *Opuntiae ficus indica* L. (plantes hôte)

1.1 Définitions :

L'espèce *Opuntia ficus-indica*, communément appelée "Figuier de Barbarie", est une espèce de cactus originaire du Mexique et d'Amérique centrale. La plante a été introduite en Méditerranée au XVI^e siècle. C'est une espèce qui est actuellement cultivée dans de nombreuses régions chaudes à climat sec, notamment en Afrique du Nord, en Australie et en Californie (**El-Mostafa et al, 2014**).

Cette espèce est souvent utilisée pour sa pelure ovale et piquante. Son fruit est généralement de couleur rouge foncé, orange ou jaune et peut être consommé cru ou cuit. Ils sont également utilisés dans la production de jus, de confitures et de sirops (**Stintzing et al, 2005**).

En effet, les extraits de cette plante sont utilisés pour traiter le diabète, l'hypertension artérielle et les problèmes digestifs (**Feugang et al, 2017**).

1.2 Origines et historique d'*Opuntia* :

L'histoire de la figue de barbarie remonte à des milliers d'années. Les anciennes cultures précolombiennes des Amériques ont utilisé les cactus pour leurs propriétés médicinales et alimentaires. La plante a été introduite en Europe au XVI^e siècle par des explorateurs espagnols qui l'ont ramenée de leurs expéditions sud-américaines. (**Hernández-Ortega et al, 2011**).

Pendant des siècles, les cactus ont poussé partout dans le monde, devenant la plante de choix dans les régions arides et chaudes, poussant facilement même dans des conditions difficiles. Aujourd'hui, il est cultivé dans de nombreux pays, dont l'Afrique du Nord, le Moyen-Orient, l'Australie, l'Asie et le Sud-ouest américain. (**Nefzaoui et al, 2001**).

L'expansion espagnole aux XVI^e et XVII^e siècles a facilité l'introduction des cactus en Afrique du Nord, aussi le XVIII^e siècle et le retour des Maures quand ils sont finalement expulsés de leur pays d'origine d'Espagne. Historiquement, l'introduction des cactées en Algérie est similaire au Maroc et à la Tunisie. Aujourd'hui, les espaces dédiés aux cactées plus de 30 000 hectares dont 60% sont situés sur la commune de Sidi-Fredj (45 km au nord de Souk Ahras) les autres sont à Ouled Mimoun, Taoura, Dréa et Ouilène (**Huffposte Algérie, 2015**). Initialement, la zone a été agrandie par le HCDS, Services Agricoles et la Conservation des Forêts pour suivre les progrès désertiques (**Belgacem, 2012**).

Au nord, les banians sont utilisés comme clôtures Autour des maisons et des villes ; clôtures Les plantes sont également utilisées pour la production de fruits Pendant la saison sèche, comme source de fourrage. Ces fruits sont récoltés dans des plantations naturelles et utilisés pour la consommation humaine ou vendus sur le marché local.

Au sud, les branches de cactus deviennent la nourriture des petits ruminants et des chameaux. Comme d'autres pays africains, l'Algérie s'intéresse également à la culture et possède aujourd'hui la première usine de transformation de cactus du pays. Située à Sidi-Fredj, l'usine couvre une superficie de 5 000 mètres carrés et peut traiter environ 2 tonnes par heure. Ses principales fonctions sont le conditionnement des figues de Barbarie et la production d'huiles essentielles, de médicaments, de jus, de confitures et d'aliments pour le bétail. Les usines de transformation sont un moyen important d'augmenter les revenus des habitants de la province de Souk Ahras (**Agence Ecofin, 2015**).

1.3 Répartitions géographiques :

La figure 1 montre l'origine des figuiers du Mexique (en vert) et de nouvelles aires de répartition (en noir) : Brésil, Chili, Etats-Unis, Inde, Italie, Espagne, Erythrée, Portugal, Algérie, Tunisie, Libye, Maroc, Sud Afrique, Éthiopie, Soudan, Tanzanie, Kenya et Ouganda.

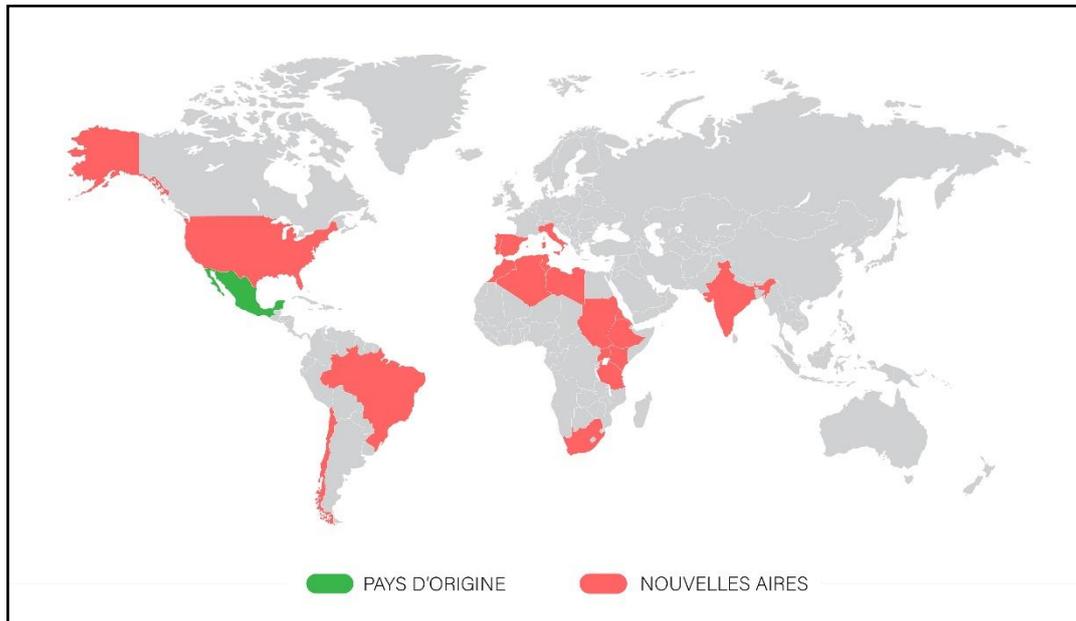


Figure 1: Distribution géographique du figuier de barbarie dans le monde.

1.4 Systématique :

Généralement, nous associons les cactus au genre *Opuntia*. Par conséquent, le cactus (*Opuntia ficus-indica*) et *Opuntia ficus-indica* appartiennent à la famille des Cactaceae (**Osuna-Martínez et al, 2014**). La famille des Cactaceae contient 1600 espèces, dont 669 espèces dans le Mexique le plus grand centre de diversité de cette famille (**Neffar, 2012**).

Les espèces de cactées les plus répandues en Algérie sont : *Opuntia cylindrica*, *Opuntia mieckleyi*, *Opuntia vulgares*, *Opuntia schumanni*, *Opuntia megacantha*, *Opuntia maxima* et *Opuntia ficus indica* (**Arba, 2000**).

La classification botanique est la suivante (**Neffar, 2012**)

Règne : Plantae

Famille : Cactaceae

Sous règne : Trachéobionta

Sous famille : Opuntioideae

Embranchement : Opuntieae

Tribu : Opuntieae

Sous embranchement : Magnoliophyta

Genre : *Opuntia*

Classe : Magnoliopsida

Sous genre : *Platyopuntia*

Sous classe : Caryophyllidae

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

Le genre *Opuntia* est subdivisé en quatre sous-genres : *Platyopuntia*, *Cylindropuntia*, *Tephrocactus* et *Brasiliopuntia*. Le sous-genre *Platyopuntia* comprend 150 à 300 espèces décrites, dont la série des *Ficus-indicae*, qui comprend l'*Opuntia ficus indica* (Mulas, 2004). Selon Feugang et ses collaborateurs (2006), le terme cactus (Cactaceae) désigne un groupe d'environ 1600 espèces de plantes réparties en 3 sous-familles Opuntioideae, Pereskioideae et Cactoideae.

Les cactus du genre *Opuntia* ont une diversité génétique remarquable et de nombreuses espèces et variétés ont été décrites. Certaines espèces sont épineuses (ou aspermes) et d'autres qui sont inermes (Arba, 2009). Le genre *Opuntia* est taxonomiquement diversifié et largement distribué dans les Amériques ; 78 espèces sont originaires du Mexique, où l'on trouve une abondance de variétés et de cultivars sauvages et semi-domestiqués (Astello Garcia *et al*, 2015).

1.5 Morphologie d'*Opuntia* :

La morphologie d'*Opuntia ficus-indica* est caractéristique des cactus en général, mais présente également des particularités propres à cette espèce.

Les cactus du genre *Opuntia* sont connus pour leur morphologie caractéristique qui leur permet de survivre dans des environnements arides. Les cladodes, également appelés raquettes, sont les principales structures photosynthétiques de la plante. Ils sont plats, ovales à circulaires et ont une épaisseur qui varie entre 1 et 5 centimètres. Les épines sont des structures défensives situées sur les aréoles des cladodes et peuvent varier en longueur, en nombre, en forme et en couleur selon les espèces. Les glochides sont des poils minuscules et fins, également situés sur les aréoles et sont très irritants pour la peau ainsi que les muqueuses. (Nobel, 2009)

Les fleurs d'*Opuntia* sont remarquables par leur taille et leur forme en entonnoir ou en coupe. Elles sont souvent de couleur jaune, orange ou rouge et peuvent mesurer jusqu'à 10 centimètres de diamètre. Les fruits, appelés tunas ou figues de Barbarie, sont ovales ou en forme de poire et contiennent des graines comestibles. Les tunas sont recouvertes de glochides, qui peuvent être très irritantes et difficiles à enlever. Les racines d'*Opuntia* sont superficielles et s'étendent horizontalement sur une distance relativement courte par rapport à la taille de la plante. Elles

sont souvent en forme de disque, ce qui leur permet de mieux absorber l'eau dans un environnement aride (Terrazas *et al*, 2019).

La morphologie d'*Opuntia* est un exemple remarquable d'adaptation à un environnement difficile. Les cladodes plats et les racines superficielles permettent à la plante de maximiser l'absorption de l'eau et de la lumière du soleil, tout en minimisant la perte d'eau par transpiration. Les épines et les glochides protègent la plante contre les herbivores et les prédateurs. Les fleurs voyantes et les fruits comestibles attirent les pollinisateurs et les animaux qui dispersent les graines (Parra-Tabla *et al*, 2016).

- **Tiges :** Les tiges d'*Opuntia* sont plates, larges et ovales. Elles sont formées de segments (ou cladodes) qui sont joints entre eux. Les segments ont généralement une longueur comprise entre 10 et 50 cm et une largeur de 5 à 20 cm. Les tiges de certaines espèces peuvent atteindre plusieurs mètres de longueur. Les segments sont souvent munis d'épines et de glochides.
- **Feuilles :** Les cactus n'ont pas de feuilles au sens traditionnel du terme. Chez *Opuntia*, les feuilles ont été transformées en épines et en glochides. Les aréoles qui se trouvent sur les segments des tiges portent ces structures épineuses et peuvent également produire des fleurs et des fruits.
- **Fleurs :** Les fleurs d'*Opuntia* sont grandes, souvent solitaires et ont une forme caractéristique d'entonnoir. Elles ont généralement une longueur de 5 à 15 cm et une largeur de 4 à 10 cm. Les fleurs d'*Opuntia* sont généralement de couleur jaune, orange ou rouge. Elles produisent du nectar qui attire les pollinisateurs tels que les abeilles et les papillons.
- **Fruits :** Les fruits d'*Opuntia* sont appelés tunas ou figes de Barbarie. Ils sont généralement ovales ou en forme de poire, avec une longueur de 3 à 10 cm et un diamètre de 2 à 5 cm. Les fruits mûrs sont généralement de couleur jaune, orange ou rouge. Ils sont recouverts de glochides qui peuvent être très irritants pour la peau et les muqueuses. Les fruits sont comestibles et ont une pulpe sucrée et juteuse qui contient des pépins.
- **Racines :** Les racines d'*Opuntia* sont relativement peu développées. Elles sont généralement peu profondes et s'étendent horizontalement sur une distance relativement courte par rapport à la taille de la plante. Plusieurs études scientifiques ont examiné la morphologie de l'*Opuntia ficus-indica*.

Plusieurs études scientifiques ont examiné la morphologie d'*Opuntia ficus-indica*. Par exemple, une étude publiée dans la revue *Scientia Horticulturae* a examiné les caractéristiques morphologiques de différentes variétés d'*Opuntia ficus-indica*, y compris la forme et la taille des tiges, la longueur et la forme des épines, et la taille et la couleur des fruits (García de Alba-García *et al*, 2017). Une autre étude, publiée dans la revue *Journal of Arid Environments*, a examiné les différences morphologiques entre les populations sauvages et cultivées d'*Opuntia ficus-indica*, en se concentrant sur des caractéristiques telles que la forme et la taille des tiges et des épines (Mandujano *et al*, 2000).

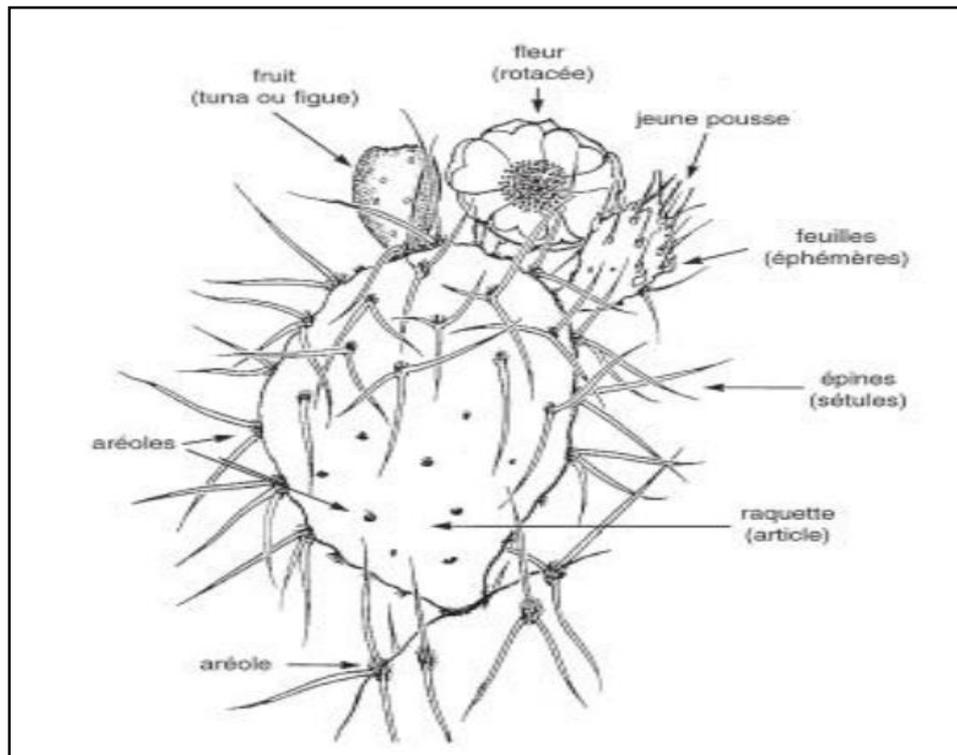


Figure 2: Schéma descriptif d'*Opuntia Ficus-Indica* (Schweizer, 1997)

1.6 Exigences pédologiques :

Les exigences pédologiques d'*Opuntia* dépendent de plusieurs facteurs tels que la disponibilité en eau, la texture et la structure du sol, la teneur en nutriments et en sels, ainsi que la présence de contaminants. En général, les cactus du genre *Opuntia* préfèrent les sols bien drainés, peu profonds, riches en matière organique et en nutriments, avec une texture grossière et sablonneuse. Ils peuvent également tolérer des sols avec une faible teneur en nutriments et une forte concentration de sels, mais seulement dans des conditions limitées.

Selon une étude réalisée par **López-Cedillo** et ses collaborateurs (2015) sur la croissance et la survie d'*Opuntia ficus-indica* dans des sols contaminés par des métaux lourds, cette plante peut tolérer des concentrations élevées de certains métaux lourds, tels que le zinc et le cuivre, mais elle est sensible à d'autres métaux tels que le plomb et le cadmium. Les auteurs ont également montré que l'ajout de compost organique améliore la croissance et la survie d'*Opuntia* dans les sols contaminés.

D'autre part, une étude réalisée par l'équipe de **Belkacem** en 2018 sur la caractérisation physico-chimique des sols supportant la culture d'*Opuntia ficus-indica* dans la région de Tlemcen, en Algérie, a montré que les sols étaient généralement pauvres en matière organique, en azote, en phosphore et en potassium, avec une texture argileuse à limoneuse et une forte teneur en sels.

Les cactus d'*Opuntia* ont besoin d'une quantité minimale d'eau pour survivre et peuvent tolérer des périodes prolongées de sécheresse. Cependant, ils ont besoin d'une certaine quantité d'eau pour produire des fleurs et des fruits (**Mandujano et al, 2015**)

En somme, les exigences pédologiques d'*Opuntia* varient en fonction des espèces et des conditions environnementales locales. Les cactus d'*Opuntia* peuvent tolérer des sols pauvres et

des conditions arides, mais ils préfèrent les sols bien drainés et riches en nutriments et en matière organique.

Les cactus tels que l'*Opuntia ficus-indica* sont capables de tolérer une grande variété de types de sols, mais préfèrent les sols bien drainés, sablonneux et légèrement acides avec un pH de 6 à 7.5. Des études ont montré que la plante est capable de pousser sur des sols pauvres en nutriments, mais une fertilisation adéquate peut améliorer le rendement et la qualité des fruits. Il est important que le sol soit exempt de roches et d'autres débris qui pourraient entraver la croissance des racines de la plante. Il est également important de maintenir une bonne aération du sol, car l'*Opuntia ficus-indica* est sensible à l'asphyxie racinaire (Houssa *et al*, 2020).

Selon une étude récente menée au Mexique, la croissance et le rendement de l'*Opuntia ficus-indica* sont influencés par diverses propriétés du sol, notamment la texture, la capacité de rétention d'eau, le pH, la teneur en nutriments et la salinité. Les chercheurs ont conclu que la meilleure performance de la plante a été obtenue sur des sols limoneux à texture fine avec une capacité de rétention d'eau modérée, un pH neutre à légèrement acide et une teneur en nutriments adéquate (Delgado *et al*, 2019).

1.7 Exigences Climatiques :

Opuntia est une plante très résistante à la sécheresse et tolère des températures élevées. Cependant, pour sa croissance et sa production optimales, certaines conditions climatiques sont nécessaires. En termes de température, la plante préfère des températures diurnes chaudes et des températures nocturnes plus fraîches. En général, la croissance de la plante est optimale à des températures diurnes moyennes de 25 à 35°C et des températures nocturnes moyennes de 10 à 20°C. Des températures diurnes supérieures à 40°C peuvent entraîner une réduction de la croissance et de la production (Nefzaoui *et al*, 2001).

L'humidité est également un facteur important pour la croissance et la production d'*Opuntia*. La plante préfère des zones avec des précipitations annuelles moyennes comprises entre 250 et 600 mm, avec des périodes de sécheresse pendant la saison de maturation des fruits. Cependant, la plante peut également tolérer des précipitations annuelles plus faibles dans des conditions de sol bien drainé.

En ce qui concerne l'ensoleillement, *Opuntia* a besoin d'une forte exposition au soleil pour sa croissance et sa production optimales. La plante préfère une exposition directe au soleil pendant au moins 6 à 8 heures par jour.

Selon une étude récente menée en Tunisie, les températures optimales pour la croissance de l'*Opuntia ficus-indica* sont de 25-30°C, avec des températures diurnes maximales tolérées de 45°C et des températures nocturnes minimales tolérées de -5°C (Boussadia *et al*, 2018).

Une autre étude menée en Espagne a montré que l'*Opuntia ficus-indica* nécessite un ensoleillement direct pour une croissance et une photosynthèse optimales, avec des niveaux de lumière supérieurs à 900 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Fernández-López *et al*, 2019).

En ce qui concerne l'humidité de l'air, une étude menée en Afrique du Sud a montré que des niveaux d'humidité relative inférieurs à 80% pendant la floraison de l'*Opuntia ficus-indica* étaient bénéfiques pour la fructification (Opara *et al*, 2010).

1.8 Intérêt écologique, social, économique d'*Opuntia*

Opuntia présente un intérêt écologique, social et économique dans de nombreuses régions du monde. En termes d'intérêt écologique, cette plante peut être utilisée comme moyen de lutte contre la désertification grâce à sa capacité à résister à des conditions climatiques arides et à son effet de barrière contre l'érosion. Elle est également importante pour la biodiversité en tant que source de nourriture et d'abri pour de nombreuses espèces animales et végétales. (Nobel, 2015)

Sur le plan social, *Opuntia* est souvent utilisé comme plante alimentaire traditionnelle dans de nombreuses cultures, notamment en Amérique latine et en Afrique du Nord. Elle est également utilisée en médecine traditionnelle pour traiter diverses affections telles que les brûlures, les plaies et les douleurs musculaires. (Aronson *et al*, 2011).

Aussi en intérêt social, l'*Opuntia* est souvent considéré comme une culture de subsistance importante pour les communautés rurales qui dépendent de ses produits pour leur propre consommation et leur vente sur les marchés locaux. La culture de l'*Opuntia* peut également offrir des opportunités d'emploi et de revenus pour les agriculteurs locaux (Pimienta *et al*, 2011).

Sur le plan économique, l'*Opuntia* est une culture importante pour de nombreuses régions, en particulier dans les zones arides et semi-arides où elle est cultivée pour sa production de fruits, d'huile, de fourrage et de biocarburants. Elle peut également être utilisée pour la production de cosmétiques et de produits pharmaceutiques. (Barbera *et al*, 2015).

D'autres avantages économiques de l'*Opuntia* incluent sa résilience aux conditions climatiques extrêmes et sa faible demande en eau par rapport à d'autres cultures. De plus, les fruits de l'*Opuntia* sont souvent utilisés pour la production de confitures, de jus, de sirops et de produits de boulangerie, qui ont une forte demande sur les marchés locaux et internationaux (Ávila *et al*, 2016).

Du point de vue environnemental, la culture de l'*Opuntia* peut contribuer à la réduction de la pression sur les terres arables, en particulier dans les zones où les sols sont pauvres en nutriments et où les conditions climatiques sont difficiles. L'*Opuntia* peut également être utilisée pour la restauration des terres dégradées en raison de sa capacité à améliorer la qualité du sol et à réduire l'érosion (Mendez *et al*, 2017).

L'*Opuntia* est une plante utile dans la lutte contre l'érosion du sol et la désertification, car elle peut être cultivée sur des sols pauvres et arides, contribuant ainsi à la restauration des terres dégradées (Nefzaoui *et al*, 2001).

Les fruits de l'*Opuntia* sont riches en vitamines, minéraux et antioxydants, ce qui en fait un aliment bénéfique pour la santé. Les produits dérivés de l'*Opuntia*, tels que les jus de fruits et les confitures, sont également populaires (Martinez *et al*, 2010).

L'*Opuntia* est également utilisé en médecine traditionnelle pour traiter diverses affections, notamment les problèmes gastro-intestinaux, les infections urinaires et les maladies du foie (Ginovart *et al*, 2006).

1.9 Les maladies d'*Opuntia* :

Tout comme d'autres cultures, le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica* [L.] Mill.) est susceptible de souffrir de maladies biotiques et abiotiques, et l'impact de ces maladies varie selon l'utilisation de la culture. Malheureusement, il existe un manque d'informations précises sur l'étiologie et l'épidémiologie des pathogènes, et la littérature scientifique ne couvre pas suffisamment la distribution géographique et l'impact économique global de nombreuses maladies du figuier de Barbarie. Toutefois, la plupart des maladies infectieuses sont causées par des champignons, bien qu'un très petit nombre de bactéries, phytoplasmes et virus soient signalés comme pathogènes. Étant donné le climat sec des régions où le figuier de Barbarie est cultivé dans le monde, ces maladies ne posent généralement problème que lors de périodes favorables. Cependant, avec l'augmentation de la culture du figuier de Barbarie, la densification de la plantation et les changements climatiques, il est possible que l'incidence et la sévérité des maladies augmentent, ainsi que l'émergence de maladies nouvelles ou inhabituelles. Ainsi, une détection précoce, une identification précise et un suivi rigoureux des maladies sur les champs et sur le matériel de multiplication sont essentiels pour éviter leur propagation.

On va maintenant dresser une liste des maladies de l'*Opuntia Ficus Indica* qui ont été identifiées et documentées en Afrique du Nord :

Pourriture des racines (root rot) : Cette maladie est causée par plusieurs champignons du sol tels que *Fusarium*, *Phytophthora* et *Rhizoctonia*, qui attaquent les racines et le collet de la plante (**Abdel-Hameed *et al*, 2018**). Les symptômes incluent un flétrissement, un jaunissement, une réduction de la croissance et éventuellement la mort de la plante. Les pratiques culturales telles que la rotation des cultures, la gestion de l'eau et l'amélioration de la structure du sol peuvent aider à prévenir cette maladie. (**Boudyach *et al*, 2015**)

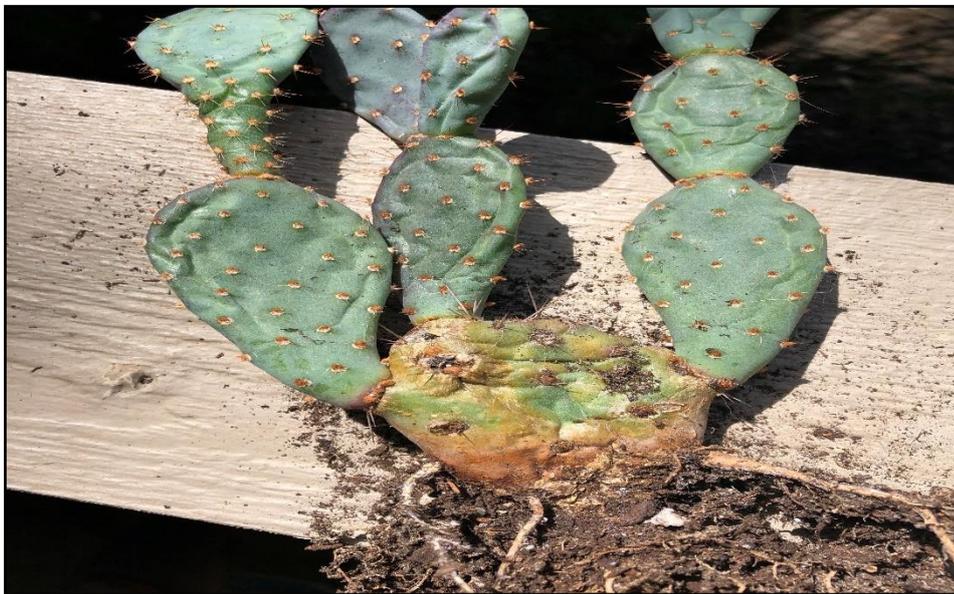


Figure 3: Maladies de pourriture des racines (Web1)

Pourriture des cladodes (cladode rot) : Cette maladie est causée par plusieurs champignons du sol tels que *Fusarium*, *Phytophthora* et *Rhizoctonia*, qui attaquent les cladodes de la plante. (Elshafie *et al*, 2014) Les symptômes incluent la pourriture et la désintégration des cladodes, un flétrissement et un jaunissement de la plante. La gestion de l'eau, la fertilisation et l'amélioration de la structure du sol peuvent aider à prévenir cette maladie (Sánchez *et al*, 2020)



Figure 4: Maladies de pourriture des cladodes (Web2)

Maladie de la gomme (gummosis) : Cette maladie est causée par plusieurs champignons tels que *Lasiodiplodia theobromae*, *Fusarium oxysporum* et *Diplodia seriata*, qui infectent les tiges et les branches de la plante. Les symptômes incluent l'apparition de gomme ou de résine sur les tissus infectés, une nécrose et une mort prématurée des tissus de la plante. Les pratiques culturales telles que la taille et la suppression des tissus infectés peuvent aider à prévenir cette maladie (Halima *et al*, 2021)

La maladie des taches foliaires de l'Opuntia (Opuntia leaf spot disease) est une maladie causée par plusieurs espèces de champignons, notamment *Phyllosticta opuntiae* et *Cochliobolus heterostrophus*, qui peuvent provoquer l'apparition de taches brunes ou noires sur les cladodes de l'opuntia. Ces taches peuvent s'étendre et fusionner, entraînant la nécrose et la chute des cladodes. Cette maladie a été signalée dans plusieurs régions du monde, notamment en Afrique du Nord, en Amérique du Nord et en Amérique latine. (Fira *et al*, 2021)

La maladie de la mosaïque de l'opuntia (Opuntia mosaic disease) est une maladie virale qui provoque la formation de mosaïques de couleurs sur les cladodes de l'opuntia, ainsi que la déformation des cladodes et des fruits. Cette maladie est causée par le virus de la mosaïque de l'opuntia (*Opuntia mosaic virus*), qui est transmis par les insectes piqueurs-suceurs. Cette maladie a été signalée dans plusieurs pays, notamment en Tunisie et en Algérie. (Azzouz *et al*, 2014)



Figure 5: La maladie de la mosaïque de l'*Opuntia* (Web3)

1.10 Les insectes ravageurs d'*Opuntia* :

Opuntia, est une plante très résistante, mais elle est également attaquée par différents insectes ravageurs. Ces insectes peuvent causer des dommages importants aux plantes et réduire leur production. Voici une liste d'insectes ravageurs d'*Opuntia*:

La cochenille farineuse d'*Opuntia* (*Dactylopius opuntiae*) est un insecte suceur qui se nourrit de la sève de la plante et provoque ainsi des dommages importants. Les cochenilles farineuses sont recouvertes d'une substance cireuse qui les protège contre les prédateurs et les produits chimiques. Les populations de cochenilles farineuses peuvent augmenter rapidement et provoquer une défoliation de la plante, entraînant ainsi une réduction de la croissance et une diminution de la production. Pour lutter contre cette cochenille, des méthodes de lutte biologique comme l'introduction de prédateurs naturels ont été développées (**Pérez-Carrera et al, 2021**).



Figure 6: Cladode de figue de barbarie touché par la cochenille farineuse de l'*Opuntia*

Le scarabée de la tige de l'Opuntia (*Cactophagus validus*) est un coléoptère qui cause des dommages en rongant les tiges de la plante. Les larves de ce scarabée se nourrissent des tissus de la plante, ce qui peut entraîner la mort des segments et une déformation de la plante. Les adultes se nourrissent des fleurs et des fruits de la plante. Les dommages causés par le scarabée de la tige de l'Opuntia peuvent être réduits en utilisant des méthodes de lutte biologique comme l'introduction de prédateurs naturels et l'utilisation de pièges (**Oyama *et al*, 2020**).

La chenille de la noctuelle des Opuntia (*Cactoblastis cactorum*) est un lépidoptère qui a été introduit dans de nombreuses régions pour contrôler les populations d'Opuntia. Les chenilles se nourrissent des tissus de la plante, ce qui peut entraîner la mort de la plante. Les dommages causés par cette chenille ont été très importants dans certaines régions, ce qui a conduit à des programmes de lutte biologique pour contrôler sa population (**Zimmermann *et al*, 2017**).

La mouche des fruits de l'Opuntia (*Ceratitis capitata*) est un insecte ravageur qui se nourrit des fruits des Opuntia. Les larves de cette mouche se développent à l'intérieur des fruits, ce qui peut entraîner une dégradation de la qualité des fruits et une réduction de la production. Des méthodes de lutte biologique, comme l'utilisation de pièges attractifs et l'introduction de parasitoïdes, ont été développées pour contrôler cette mouche des fruits (**Farhadi *et al*, 2020**).



Figure 7: Fruit d'opuntia ravager par la mouche *Ceratitis capitata* (Web4)

2 *Dactylopius opuntiae* (Ravageur) et *Eucalyptus globulus* (moyen de lutte)

2.1 *Dactylopius opuntiae*

2.1.1 Généralités et origine :

Dactylopius opuntiae, également connu sous le nom de cochenille du Mexique, est un insecte de la famille des *Dactylopidae*. Cette espèce est originaire d'Amérique centrale et du Mexique, mais elle s'est depuis répandue dans de nombreuses régions du monde, en particulier dans les zones arides et semi-arides. (**González-Hernández et al,2021**).

La cochenille du Mexique est un insecte parasite qui se nourrit de la sève des cactus, en particulier de l'*Opuntia ficus-indica*. Elle est souvent considérée comme une espèce envahissante, car elle peut causer des dommages importants aux cultures de cactus et réduire leur production de fruits. (**Sánchez-Medina et al, 2020**).

Cependant, la cochenille du Mexique est également utilisée à des fins industrielles, car elle produit une teinture rouge vif connue sous le nom de "carmin". Cette teinture est utilisée dans une variété de produits, notamment les aliments, les cosmétiques et les textiles. (**Sánchez-Medina et al, 2020**).

Historiquement il semble que *Dactylopius opuntiae* ait effectivement été introduit en Algérie pour lutter contre l'invasion de cactus envahissants, tels qu'*Opuntia ficus-indica*. Cette introduction a été réalisée dans les années 1930, sous la colonisation française, dans le cadre d'un programme de lutte contre les plantes envahissantes dans les régions arides. (**Guendouz, et Atik, 2015**).

Il est à noter que la présence de *Dactylopius opuntiae* en Algérie n'est pas liée à la production de carmin, car la production de carmin n'a jamais été développée en Algérie. La cochenille est plutôt utilisée comme biocontrôle pour limiter la prolifération des cactus envahissants qui menacent les écosystèmes locaux (**Bouazza, 2003**).

L'introduction de *Dactylopius opuntiae* en Algérie est un phénomène relativement récent, qui est pour l'instant confiné à la partie Nord-Ouest du pays. Cette cochenille peut être introduite de manière naturelle par le biais du vent ou des oiseaux, ou provenir du Maroc voisin où elle est présente depuis 2016. Cependant, l'impact de cette espèce sur la production du figuier de Barbarie en Algérie est significatif, avec des pertes allant de 5% à 20% si des mesures de contrôle sont mises en place, mais pouvant atteindre jusqu'à 100% en l'absence de mesures préventives (**El Bouhissi et al, 2021**).

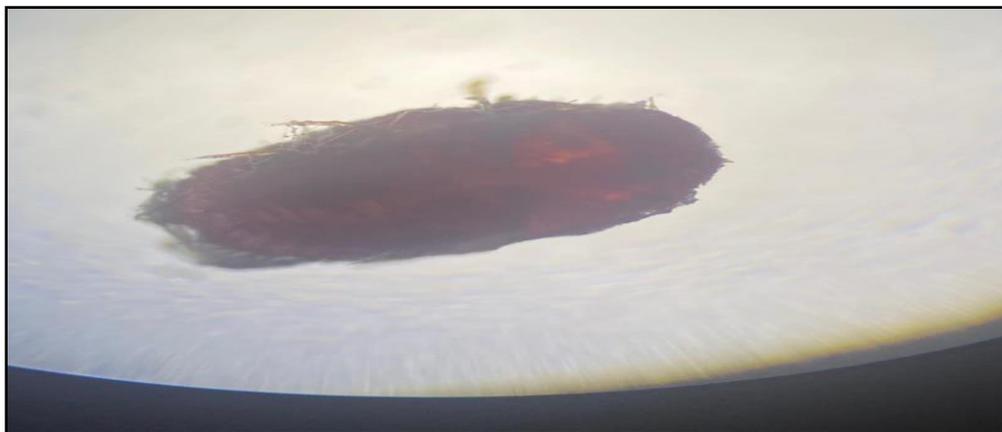


Figure 8: *Dactylopius opuntiae* sous microscope x10



Figure 9: Cladode de l'opuntia touché par *Dactylopius opuntiae*

2.1.2 Systématique :

Dactylopius opuntiae est une espèce de cochenille de l'ordre des Hemiptera, de la famille des Dactylopiidae. Elle est également connue sous le nom de cochenille de l'*Opuntia* ou de cochenille du cactus.

Voici la classification taxonomique complète de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-classe : Pterygota

Infra-classe : Neoptera

Ordre : Hemiptera

Sous-ordre : Sternorrhyncha

Super-famille : Coccoidea

Famille : Dactylopiidae

Genre : *Dactylopius*

Espèce : *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896)

2.1.3 Cycle de vie et description

Le cycle de vie de *Dactylopius opuntiae* peut varier en fonction des conditions environnementales, mais il suit généralement quatre stades de développement : l'œuf, la larve, la nymphe et l'adulte. Le cycle de vie de cette espèce comporte deux stades immatures ainsi qu'un stade œuf commun aux femelles et aux mâles. Selon les conditions environnementales, le cycle biologique complet, de l'œuf à l'adulte, peut varier de 90 à 128 jours. (Marín et Cisneros, 1977).

Les œufs de *Dactylopius opuntiae* sont pondus sous forme de masse gélatineuse sur les cladodes de l'*Opuntia spp.* Et éclosent en 5 à 7 jours (Culumber et Hodgson, 2009).

Les larves, qui sont le premier stade immature, se nourrissent de la sève de la plante hôte et subissent plusieurs mues avant de passer au stade de nymphe (Culumber et Hodgson, 2009).

Les nymphes sont le stade intermédiaire entre la larve et l'adulte. Elles se développent sous une couche de cire et sont souvent de couleur blanche ou jaune pâle. La durée de ce stade dépend des conditions environnementales, mais elle dure généralement de 30 à 60 jours (Gomez et al, 2013).

Les adultes sont de petite taille, sans ailes chez les femelles et munis d'ailes chez les mâles. Les femelles restent fixées à la plante hôte tandis que les mâles sont plus mobiles (Culumber et Hodgson, 2009).



Figure 11: Femelles de *Dactylopius opuntiae*



Figure 10: Males de *Dactylopius opuntiae*

En ce qui concerne le dimorphisme sexuel chez cette espèce, les mâles et les femelles présentent des différences morphologiques distinctes. Les *Dactylopius* mâles sont des adultes munis d'ailes, de petite taille et très agiles. En revanche, les femelles, sans ailes et d'une taille d'environ 6,24 mm, sont de forme ovale et sédentaires, recouvertes d'une fine couche de cire poudreuse. Étant donné que les mâles subissent une transformation complète, leur état immature doit être considéré comme des larves. De plus, étant donné que les caractéristiques de dimorphisme ne sont pas visibles sur les premiers stades immatures et que les corps des femelles sont utilisés pour extraire le pigment, pour des raisons de simplicité, tous les stades immatures seront désignés sous le terme de nymphes.

La **nymphé I** est le premier stade immature de la femelle de cette espèce, qui se divise en deux sous-étapes : l'une mobile et l'autre fixe. Le premier sous-étape, également appelé "baladeur", est caractérisé par un mouvement rapide et l'absence de cire blanche. En moins de 24 heures, la nymphé doit trouver un endroit sur le figuier de Barbarie pour y insérer ses pièces buccales. Une fois fixée, elle passe au deuxième sous-étape en sécrétant de grands filaments de cire sur son corps. Ces filaments disparaissent en quelques jours et sont remplacés par une fine couche de cire poudreuse. Après sa première mue, **la nymphé** entre dans **le stade II**. À ce stade, elle prend une teinte rouge brillante et commence à être recouverte de cire en quelques heures. Il n'y a pas de différences visibles entre les mâles et les femelles aux stades de nymphé I et II.

Une fois parvenue à l'âge adulte, la cochenille femelle subit une mue supplémentaire, en même temps que le mâle adulte, pour faciliter l'accouplement. Au cours de cette étape, la femelle prend de l'ampleur. En général, chaque femelle produit environ 420 œufs, mais il est à noter qu'environ 10 % des femelles sont infertiles, ce qui limite la production de nouvelles larves baladeuses.

Après avoir tissé son cocon, le mâle de la cochenille se transforme en adulte. Cette transformation lui confère deux paires d'ailes, deux cerques et des pièces buccales non fonctionnelles. Et il est mobile, ce qui lui permet de rechercher les femelles pour l'accouplement (FAO,2018).

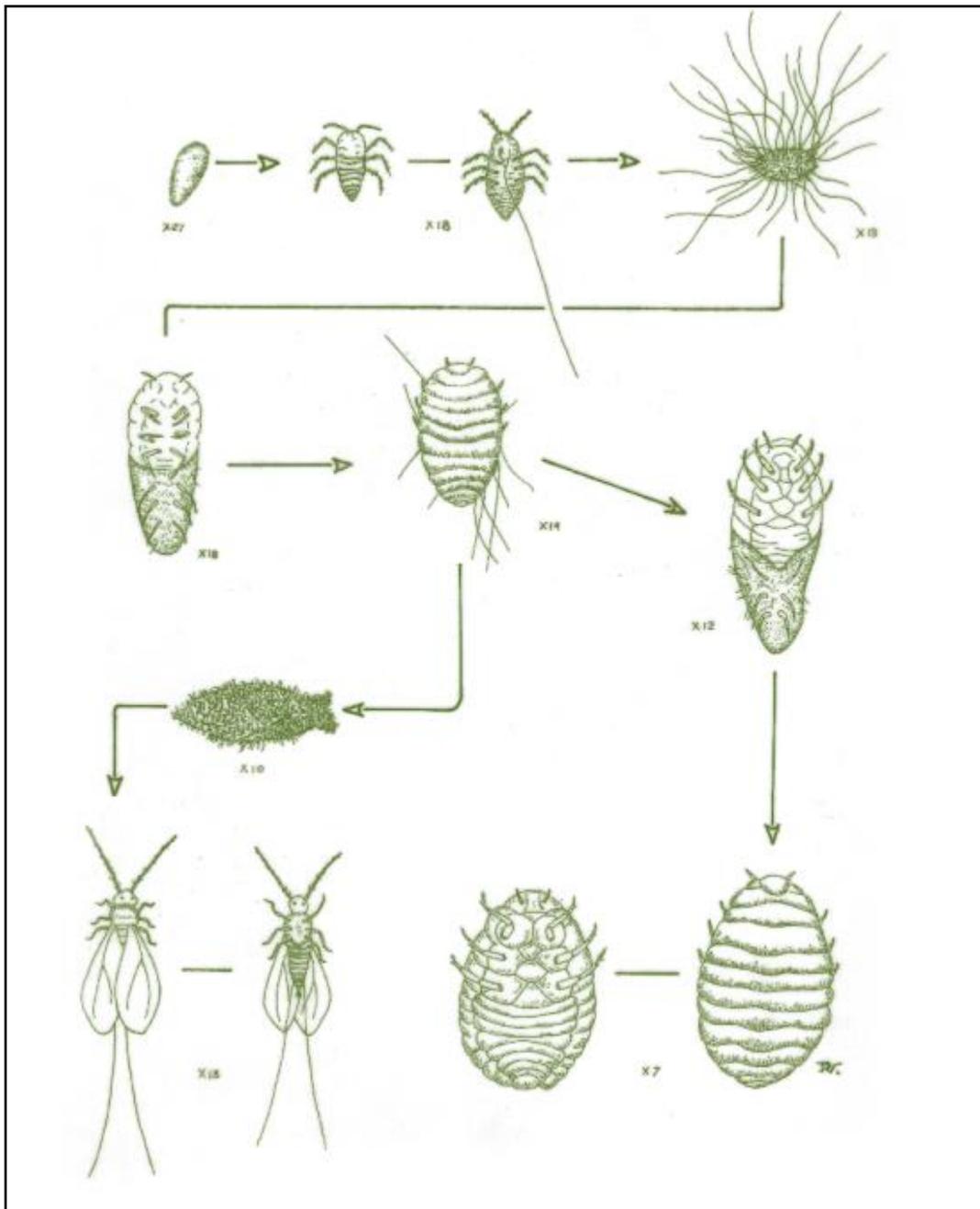


Figure 12 : Cycle de vie de *Dactylopius opuntiae* de l'œuf à l'adulte (FAO,2018)

2.1.4 Utilités de *Dactylopius Opuntiae*

Cette espèce est utilisée pour produire de la teinture de couleur rouge, appelée carmin ou acide carminique, qui est utilisée comme colorant alimentaire, cosmétique et textile.

Colorant alimentaire : *Dactylopius opuntiae* est largement utilisé pour produire du colorant alimentaire rouge carmin. Ce colorant est utilisé dans de nombreux aliments et boissons, y compris les jus de fruits, les glaces, les bonbons, les pâtisseries et les produits de boulangerie (Martínez-González *et al*, 2013).

Utilisation en médecine traditionnelle : *Dactylopius opuntiae* a été utilisé en médecine traditionnelle pour traiter diverses affections, notamment les infections, les troubles digestifs, les problèmes cardiaques et les douleurs menstruelles. Cependant, il convient de noter que la plupart de ces utilisations n'ont pas été scientifiquement prouvées (Bouyahya *et al*, 2021).

Colorant cosmétique : le carmin est également utilisé comme colorant dans les produits cosmétiques tels que les rouges à lèvres, les fards à paupières et les vernis à ongles.

Colorant textile : le carmin est utilisé comme colorant dans l'industrie textile pour produire des tissus de couleur rouge.

Médecine traditionnelle : *Dactylopius opuntiae* est également utilisée dans la médecine traditionnelle pour traiter diverses affections telles que les problèmes gastro-intestinaux, les infections respiratoires et les affections cutanées.

Contrôle biologique *Dactylopius opuntiae* est utilisé comme agent de contrôle biologique pour lutter contre les espèces de plantes envahissantes telles que l'oponce de Tunisie (*Opuntia ficus-indica*) (Liu *et al*, 2016).

En résumé, cette espèce a une grande importance économique en raison de sa capacité à produire un colorant rouge très demandé dans diverses industries. De plus, elle a également des utilisations dans la médecine traditionnelle et dans la lutte contre les infestations de cactus.



Figure 13: Rouge Carmin (Web5)

2.1.5 Dégâts en Algérie

D'après les recherches menées par **El Bouhissi et al** en 2021, l'espèce invasive *Dactylopius opuntiae* est maintenant présente dans le nord-ouest de l'Algérie, plus précisément dans la région de Msirda, située dans la wilaya de Tlemcen.

Tableau 1: Taux d'infestation de *Dactylopius opuntiae* dans la région de Tlemcen (**El Bouhissi et al,2021**)

Sites	Localités	Taux d'infestation
P1	Chaib Rasso	60%
P2	El Annabra	40%
P3	Jamaa El wast	90%
P4	Arbouz	75%
P5	Souk Thlata	35%
P6	Ank Jmal	8%

Suite à nos sorties sur terrain, Nous avons constaté qu'a touché presque toutes les communes de la wilaya de Tlemcen, ce qui est préoccupant.

La présence de *Dactylopius opuntiae* dans la plupart des communes de la wilaya de Tlemcen peut avoir des conséquences graves sur l'environnement, l'agriculture et l'économie locales. Des mesures urgentes doivent être prises pour contrôler la propagation de cette espèce invasive et minimiser ses impacts négatifs.

La présence de *Dactylopius opuntiae* en Algérie peut avoir des conséquences néfastes sur l'environnement et l'agriculture locale, et peut ainsi altérer les écosystèmes locaux et causer une réduction de la biodiversité.

De plus, les cultures de cactus destinées à l'alimentation humaine ou animale peuvent également être touchées, entraînant une perte de production agricole et des conséquences économiques négatives pour la région.

Il est donc important de prendre des mesures pour limiter la propagation de cette espèce invasive en Algérie et minimiser ses impacts négatifs. Cela peut inclure des efforts pour surveiller la propagation de *Dactylopius opuntiae*, ainsi que des campagnes de sensibilisation pour informer les agriculteurs et les communautés locales sur les dangers de cette espèce et les méthodes pour la contrôler.

2.1.6 Moyen de lutte

La lutte contre *Dactylopius opuntiae* peut être difficile car elle se reproduit rapidement et est capable de s'adapter à différents environnements. Il existe plusieurs méthodes pour lutter contre cette espèce, notamment la lutte biologique, la lutte chimique et la lutte physique.

L'utilisation d'espèces prédatrices : Les espèces prédatrices telles que les coccinelles, les guêpes parasitoïdes et les fourmis sont souvent utilisées pour contrôler les populations de *Dactylopius opuntiae*. Ces espèces prédatrices se nourrissent des cochenilles et peuvent ainsi aider à réduire leur nombre. La coccinelle *Cryptolaemus montrouzieri* est l'un des prédateurs les plus couramment utilisés pour contrôler les populations de *Dactylopius opuntiae*. La libération de ces prédateurs dans les zones infestées peut être une méthode efficace pour contrôler les populations de cochenilles (**Fidaglo et al, 2017**).

Les méthodes de contrôle chimique : Les insecticides peuvent également être utilisés pour contrôler les populations de *Dactylopius opuntiae*. Les insecticides les plus couramment utilisés pour contrôler les cochenilles comprennent les néonicotinoïdes et les pyréthrianoïdes. Cependant, l'utilisation d'insecticides peut avoir des effets négatifs sur l'environnement et les autres espèces bénéfiques. Il est donc important de choisir les insecticides avec précaution et de respecter les normes de sécurité environnementale et sanitaire (Tanigoshi et Debach, 1982).

Les méthodes de contrôle biologique : La lutte biologique contre *Dactylopius opuntiae* implique l'utilisation d'agents de lutte biologique tels que des parasites, des prédateurs et des pathogènes pour contrôler les populations de cochenilles. Certains des parasites couramment utilisés pour contrôler les cochenilles comprennent *Encarsia lutea* et *Leptomastix dactylopii*. Les prédateurs tels que la coccinelle *Cryptolaemus montrouzieri* et les guêpes parasitoïdes sont également souvent utilisés (Calvo et al, 2019). Les pathogènes tels que la bactérie *Pseudomonas aeruginosa* peuvent également être utilisés pour contrôler les populations de cochenilles (Arrebola et al, 2021).

Les méthodes de lutte mécaniques sont une alternative intéressante aux pesticides chimiques pour contrôler les infestations de *Dactylopius opuntiae*. Ces méthodes de lutte sont basées sur l'utilisation de techniques physiques pour réduire la population de l'insecte.

La taille manuelle des cladodes infestés est une méthode efficace pour limiter la propagation de l'infestation. Les cladodes doivent être coupés et enlevés dès que des signes d'infestation sont détectés. Cette méthode est particulièrement efficace pour les petites plantations, mais elle peut être fastidieuse pour les grandes plantations.

L'application de jets d'eau sous pression est une autre méthode de lutte mécanique qui peut être efficace pour réduire les populations de *Dactylopius opuntiae*. Les jets d'eau sous pression doivent être appliqués directement sur les plantes infestées pour enlever les cochenilles de la surface des plantes.

Le brossage des cladodes est une méthode similaire à l'application de jets d'eau sous pression. Les cladodes peuvent être brossés pour enlever les cochenilles de la surface des plantes. Cette méthode est particulièrement efficace pour les petites plantations.

Aussi certains États ont recours à l'utilisation de rétro chargeurs pour arracher les plantes touchées par ce ravageur. Cette méthode est utilisée car il est souvent plus rapide et plus efficace d'arracher les plantes touchées plutôt que de traiter chaque plante individuellement avec des produits chimiques.

Cependant, cette méthode peut avoir des impacts négatifs sur l'environnement et la biodiversité. L'arrachage de plantes peut perturber les écosystèmes locaux en modifiant le paysage et en affectant la faune et la flore qui en dépendent. De plus, si les plantes sont simplement arrachées et laissées sur place, cela peut conduire à une accumulation de matière organique en décomposition qui peut perturber les sols.

Il est donc important que l'utilisation du rétrochargeur soit effectuée de manière réfléchie et dans le cadre d'un plan de gestion de la lutte contre *Dactylopius opuntiae* qui prend en compte les impacts potentiels sur l'environnement. Des méthodes alternatives telles que la lutte biologique ou la gestion intégrée des ravageurs peuvent également être envisagées pour minimiser les impacts environnementaux.

Enfin, l'utilisation de pièges collants est une méthode de lutte mécanique qui peut être efficace pour piéger les cochenilles adultes et les larves. Les pièges collants doivent être placés dans les zones infestées de la plantation.

Il est important de noter que ces méthodes de lutte mécaniques peuvent être plus efficaces lorsqu'elles sont combinées avec d'autres méthodes de lutte, telles que la lutte biologique ou chimique. Cependant, les méthodes de lutte mécaniques présentent certains inconvénients. Par exemple, elles peuvent être plus coûteuses ou plus fastidieuses que l'utilisation de pesticides chimiques. De plus, leur efficacité peut varier en fonction de l'ampleur de l'infestation et de la taille de la plantation.

En conclusion, les méthodes de lutte mécaniques peuvent constituer une alternative efficace et respectueuse de l'environnement pour contrôler les infestations de *Dactylopius opuntiae*. Toutefois, il est recommandé de consulter un expert en lutte antiparasitaire pour déterminer les méthodes de lutte les plus appropriées dans chaque situation.



Figure 14: Utilisations des Retro chargeurs pour arracher les plantes touchées par *Dactylopius opuntiae* par la commune de Nedroma.

2.2 *Eucalyptus Globulus*

2.2.1 Généralité :

Eucalyptus globulus est une espèce d'arbres à feuilles persistantes appartenant à la famille des Myrtaceae, originaire de Tasmanie en Australie. Selon une étude de phylogénie moléculaire réalisée par **Steane et ses collaborateurs en 2001**, l'*Eucalyptus globulus* serait le résultat d'un événement de radiation évolutive relativement récent, survenu il y a environ 5 millions d'années.

L'espèce est aujourd'hui largement cultivée à travers le monde pour ses qualités ornementales, mais aussi pour la production de bois, de pâte à papier et d'huile essentielle. Selon les données de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), les principales régions productrices d'*eucalyptus globulus* en termes de superficie cultivée sont le Portugal, l'Espagne, la France, l'Italie, la Grèce et la Turquie en Europe, l'Afrique du Sud, l'Australie, le Chili et l'Argentine dans les autres régions du monde.

Des études scientifiques ont également été menées pour évaluer l'impact environnemental de la culture d'*Eucalyptus globulus* dans certaines régions. Par exemple, une étude réalisée en Espagne a conclu que la culture de l'*eucalyptus globulus* avait un impact négatif sur la biodiversité locale, en raison de la perte de couverture forestière et de la modification des habitats naturels (**Bonet et al, 2013**)

2.2.2 Systématique

Selon GOUQUIIST (1981), la classification de l'*Eucalyptus globulus* est la suivante :

Règne : Plantae

Sous règne : Tracheobionta

Embranchement : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Rosidae

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtaceae

Genre : *Eucalyptus*

Espèce : *Eucalyptus globulus*

2.2.3 Descriptions

Eucalyptus globulus, également connu sous le nom d'eucalyptus bleu ou de gommier de Tasmanie, est une espèce d'arbre à feuilles persistantes appartenant à la famille des Myrtaceae. Cet arbre est originaire d'Australie et de Tasmanie, mais il est aujourd'hui largement cultivé dans d'autres régions du monde pour son bois, ses huiles essentielles et ses propriétés médicinales (**Brophy et al, 2013**).

En termes de morphologie, l'*Eucalyptus globulus* est un arbre à feuilles persistantes qui peut atteindre une hauteur de 50 mètres. Les feuilles sont simples, alternes, lancéolées, coriaces et mesurent de 6 à 14 cm de longueur pour 1 à 2,5 cm de largeur. La couleur des feuilles est verte bleuté et leur surface est recouverte d'une fine couche de cire qui contribue à leur résistance à la sécheresse. L'arbre produit des fleurs blanches à crème qui mesurent environ 1 cm de diamètre et sont disposées en ombelles axillaires. La floraison a lieu de juillet à novembre en

Australie et de janvier à juin en Europe. L'*Eucalyptus globulus* est également connu pour sa production d'huile essentielle, qui est extraite des feuilles et des jeunes rameaux. Cette huile est riche en Cinéole, un composé qui lui confère des propriétés antiseptiques, expectorantes et anti-inflammatoires.

Les feuilles d'*Eucalyptus globulus* contiennent une grande quantité d'huiles essentielles, principalement composées de 1,8-cinéole (ou eucalyptol) qui leur confère une odeur caractéristique et des propriétés antiseptiques, expectorantes et décongestionnantes. Les extraits de feuilles d'*Eucalyptus globulus* ont été utilisés traditionnellement pour traiter divers troubles respiratoires tels que la toux, la bronchite et l'asthme (**Juergens et al, 2003**).

De plus, les composés bioactifs extraits de l'écorce d'*Eucalyptus globulus* ont montré des propriétés antimicrobiennes, antifongiques, anti-inflammatoires et antioxydantes, entre autres. De nombreuses études ont également suggéré que les extraits de cette plante pourraient être efficaces contre certaines maladies infectieuses, telles que la grippe et la pneumonie (**Silva et al, 2003**).

En raison de ses propriétés médicinales, *Eucalyptus globulus* est utilisé dans de nombreux produits pharmaceutiques, tels que les sirops contre la toux et les pastilles pour la gorge. L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est également utilisée dans les produits de soins personnels tels que les savons, les lotions et les shampoings, ainsi que dans les produits de nettoyage ménagers (**Yin, et al. 2019**).



Figure 15: *Eucalyptus globulus*

2.2.4 Effet et utilités de l'huile essentiel d'*Eucalyptus globulus*

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est souvent utilisée pour ses propriétés antiseptiques, expectorantes et décongestionnantes. Voici quelques-unes de ses utilisations courantes :

Soulagement des affections respiratoires : L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* peut être utilisée pour soulager les symptômes des affections respiratoires telles que la congestion nasale, la toux et la bronchite (**Jamshidi et Cohen, 2017**).

Effet antiseptique : En raison de ses propriétés antiseptiques, cette huile essentielle peut être utilisée pour désinfecter les surfaces, les plaies mineures et les infections cutanées (**Silva et al, 2018**).

Soulagement des douleurs musculaires et articulaires : L'*Eucalyptus globulus* peut être utilisé en massage pour soulager les douleurs musculaires et articulaires, notamment l'arthrite et les douleurs liées à l'effort physique (**Juergens et al, 2014**).

Effet décongestionnant : Inhaler l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* peut aider à soulager la congestion nasale et les voies respiratoires en cas de rhume ou de sinusite (**Kehrl et al, 2004**).

Effet antibactérien : L'*Eucalyptus globulus* possède des propriétés antibactériennes qui peuvent être utiles dans le traitement des infections. Une étude publiée dans le Journal of Ethnopharmacologie a révélé que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* inhibe la croissance de plusieurs souches de bactéries pathogènes.

Effet antifongique : Les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* ont également montré une activité antifongique contre différents types de champignons. Une étude publiée dans le Journal of Medical Microbiology a démontré l'efficacité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* contre *Candida albicans*, un champignon responsable des infections à levures.

Effet anti-inflammatoire : L'*Eucalyptus globulus* possède des propriétés anti-inflammatoires. Une recherche publiée dans la revue Phytomedicine a montré que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* inhibe la production de substances pro-inflammatoires dans les cellules immunitaires (**Silva et al, 2018**).

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* contient des composés tels que le 1,8-cinéole et le limonène, qui ont montré des activités insecticides contre certains insectes. Voici quelques exemples d'utilisations :

Répulsif contre les moustiques : L'*Eucalyptus globulus* peut être utilisé comme répulsif naturel contre les moustiques, en particulier l'espèce *Aedes aegypti*, responsable de la transmission de maladies telles que la dengue et le chikungunya (**Trongtokit et al, 2005**). Action contre les poux : Certaines études suggèrent que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* peut être utilisée pour repousser les poux et aider à contrôler les infestations de poux (**Burgess et al, 2010**). Activité contre les mites et les coléoptères : L'*Eucalyptus globulus* a montré une activité insecticide contre les mites alimentaires (*Sitotroga cerealella*) et les coléoptères des grains (*Rhyzopertha dominica*) (**Shaaya et al, 1991**).

Il est important de noter que l'utilisation de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* doit être effectuée avec précaution. Il est recommandé de diluer l'huile avant l'application cutanée, d'éviter tout contact avec les yeux et de consulter un professionnel de la santé avant toute utilisation chez les enfants, les femmes enceintes ou allaitantes.

2.2.5 Effet de l'hydrolat d'*Eucalyptus globulus*

Les hydrolats, également connus sous le nom d'eaux florales, sont des produits dérivés de la distillation des plantes et ils possèdent des propriétés similaires aux huiles essentielles, mais

dans une concentration plus douce. L'hydrolat d'*Eucalyptus globulus* est généralement utilisé pour ses effets rafraîchissants, tonifiants et purifiants. Il est souvent utilisé dans les domaines suivants :

Soin de la peau : L'hydrolat d'*Eucalyptus globulus* peut être utilisé pour nettoyer et tonifier la peau, en particulier les peaux grasses et acnéiques. Il peut aider à réduire l'excès de sébum, à resserrer les pores et à apaiser les inflammations cutanées (**Almeida et al, 2015**).

Soin capillaire : En raison de ses propriétés purifiantes, l'hydrolat d'*Eucalyptus globulus* peut être utilisé dans les soins capillaires pour réduire les pellicules, apaiser les démangeaisons du cuir chevelu et favoriser la santé des cheveux (**Nadimi et al, 2019**).

Effet rafraîchissant et purifiant : Lorsqu'il est utilisé en vaporisation ou en brumisation, l'hydrolat d'*Eucalyptus globulus* peut apporter une sensation de fraîcheur et aider à purifier l'air ambiant, notamment dans les environnements où la concentration de micro-organismes est élevée (**Almeida et al, 2015**).

2.2.6 Effet de la poudre d'*Eucalyptus globulus*

La poudre généralement obtenue à partir des feuilles de l'arbre d'*Eucalyptus globulus*, peut être utilisée à diverses fins.

Utilisation topique : La poudre d'*Eucalyptus globulus* peut être utilisée comme ingrédient dans les produits cosmétiques et de soin de la peau, tels que les masques faciaux, les lotions et les crèmes. Elle est souvent utilisée pour ses propriétés astringentes, apaisantes et purifiantes pour la peau (**Juergens et al, 2014**).

Usage en aromathérapie : La poudre d'*Eucalyptus globulus* peut également être utilisée en aromathérapie. Lorsqu'elle est utilisée dans des diffuseurs ou inhalée, elle peut aider à dégager les voies respiratoires, soulager la congestion et apporter une sensation de fraîcheur (**Sadlon et Lamson, 2010**).

Possibles applications antimicrobiennes : Certains composés présents dans l'*Eucalyptus globulus*, tels que le 1,8-cinéole, ont montré des propriétés antimicrobiennes. Cependant, des études supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre l'efficacité de la poudre d'eucalyptus globulus en tant qu'agent antimicrobien (**Carson et al., 2006**).

Chapitres II

Matériel

Et

Méthodes

1 Présentation de la zone d'étude

1.1 Situation géographique de la région de Nedroma

Nedroma est une ville située dans l'ouest de l'Algérie, dans la wilaya de Tlemcen. Avec une superficie de 140 km² (Midoun, 2006).

La ville est stratégiquement située à une distance de 60 km de la ville de Tlemcen, 30 km de Maghnia, 18 km de Ghazaouet et 160 km d'Oran. Elle se situe sur le versant nord de la chaîne des Traras, au pied du mont Fellaoucène, culminant à 1136 mètres. S'étendant le long d'une pente orientée vers la mer, l'altitude de Nedroma varie entre 360 et 470 mètres.

Le site de la ville est marqué par un éperon délimité à l'ouest par l'oued Agrouche, qui traverse ensuite la plaine en direction de Ghazaouet, ainsi que par Oued Tleta, descendant vers la baie de Sidna Youcha. Nedroma est adossée à la montagne et orientée vers la mer (Grandguillaume, 1976).



Figure 16: Situation géographique de Nedroma (Google maps,2023)

1.2 Hydrologie

La configuration du réseau hydrographique est principalement liée à l'évolution des formations structurales qui ont influencé la région au fil des temps géologiques. Malgré des précipitations atmosphériques faibles, la topographie et la présence d'un substratum géologique imperméable, notamment des marnes et des argiles, ont contribué à favoriser l'écoulement en surface et la formation d'un réseau hydrographique relativement important.

La commune de Nedroma se trouve dans une zone généralement aride. Les cours d'eau en surface sont limités à un cours d'eau important. Oued Tleta, qui est en réalité un cours d'eau intermittent, son débit étant fortement influencé par les conditions climatiques. Il est formé par plusieurs cours d'eau provenant tous du massif de Fellaoucène. Parmi les affluents les plus importants, on trouve les deux Oueds Sbair et Takriset. Par ailleurs, il convient de mentionner

l'existence de sources et de points d'eau destinés à l'irrigation et à l'abreuvement du bétail (**Medjahdi, 2017**).

1.3 Pédologie

Le sol de la région de Nedroma est généralement composé de Sols zonaux et azonaux. Ces types de sols imperméables jouent un rôle important dans la disposition du réseau hydrographique de la région, favorisant l'écoulement de surface et la formation de cours d'eau.

Les sols zonaux : également connus sous le nom de sols évolués, sont représentés par les principales catégories de sols qui recouvrent le territoire de la commune :

Les sols en équilibre se trouvent dans la partie nord de la plaine de Mezaourou et à l'est de la commune, juste au nord de l'agglomération de Nédroma. Ces sols sont peu profonds et sont bien adaptés aux cultures céréalières. Ils se caractérisent par une quasi-absence de calcaire. Généralement formés à partir d'un substrat de basalte et de calcaire schisteux.

Les sols insaturés se localisent à la limite est de la commune. Ils sont riches en ions Ca^{++} et peuvent être relativement insaturés, sans toutefois dépasser 20% de leur capacité totale. Leur pH est généralement sub-alcalin et l'argile a tendance à migrer en profondeur.

Les sols calcaires humifères occupent les parties ouest de la commune de Nédroma et s'étendent au-delà de ses limites. Ces sols se distinguent par leur teneur élevée en matière organique, avec un taux supérieur à 25%. Leur pH avoisine 7,5. Ces sols abritent une végétation herbacée et sont très adaptés à la culture des céréales.

Les sols décalcifiés avec roche mère se situent au sud de l'agglomération de Nédroma. Ces sols sont pauvres en matière organique et ont un pH égal à 7,5. Ils sont généralement en forte pente et exposés aux phénomènes érosifs (**Rezgui, 2016**).

Les sols azonaux : également appelés sols non évolués, comprennent les sols alluviaux. Ces sols se trouvent dans les basses vallées des principaux affluents. Ils sont généralement recouverts par les matériaux provenant des pentes environnantes, tandis que près du lit de l'Oued, ils subissent une érosion continue par sapement latéral (**Rezgui, 2016**).

1.4 Géologie :

Du point de vue géologique, Nedroma s'étend sur la partie méridionale des Traras, un massif montagneux. La région présente une évolution verticale qui couvre les périodes géologiques allant du Primaire au Quaternaire. Le substrat est constitué d'un batholite granitique connu sous le nom de batholite de Nedroma, sur lequel reposent principalement des formations géologiques du Secondaire et du Quaternaire (**Medjahdi, 2017**).

2 Etude bioclimatique

Le climat fait référence aux conditions météorologiques moyennes d'une région sur une longue période, généralement sur une période de 30 ans ou plus. Il englobe divers éléments atmosphériques tels que la température, l'humidité, les précipitations, la pression atmosphérique, les vents et les conditions météorologiques générales.

Le climat méditerranéen est marqué par deux éléments importants :

Un régime pluviométrique plus ou moins régulier, avec un maximum de précipitations en hiver et un minimum en été. Les saisons des pluies correspondent généralement à la période

hivernale, tandis que les étés sont relativement secs. Il existe une relation inverse entre les précipitations et les températures, c'est-à-dire que les régions méditerranéennes connaissent des précipitations plus élevées lorsque les températures sont plus fraîches.

Ces caractéristiques pluviométriques influencent la végétation et l'agriculture dans les régions méditerranéennes, où les cultures et les écosystèmes sont adaptés à ce schéma de précipitations saisonnières **Belgherbi (2002)**.

2.1 Situation géographique de la station d'étude :

Tableau 2: Caractéristique de la Station Nedroma (Application : Mes coordonnées GPS)

Altitude	Longitude	Latitude
235 m	35,033205	-1,766713

Nedroma bénéficie d'un climat chaud et tempéré. Les précipitations sont plus abondantes en hiver qu'en été. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat de Nedroma est de type Semi aride. La température moyenne annuelle y est d'environ 16,5 °C. La moyenne des précipitations annuelles est d'environ 399 mm.

Située dans l'hémisphère nord, Nedroma marque le début de l'été à la fin de juin, qui se prolonge jusqu'en septembre. Les mois d'été sont juin, juillet, août et septembre, et cette période est considérée comme idéale pour visiter la région.

L'étude a été menée à l'aide des données météorologiques de site (**Climate data org**)

2.2 Précipitations

Les précipitations sont la principale source d'eau pour la végétation naturelle des écosystèmes terrestres. Elles jouent un rôle essentiel en déterminant le niveau global de sécheresse du climat. (**Medjahdi, 2017**)

Tableau 3: Moyenne mensuelles des précipitations de la station Nedroma (1991-2021)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
P/mm	52	47	51	45	33	9	1	5	21	38	56	41

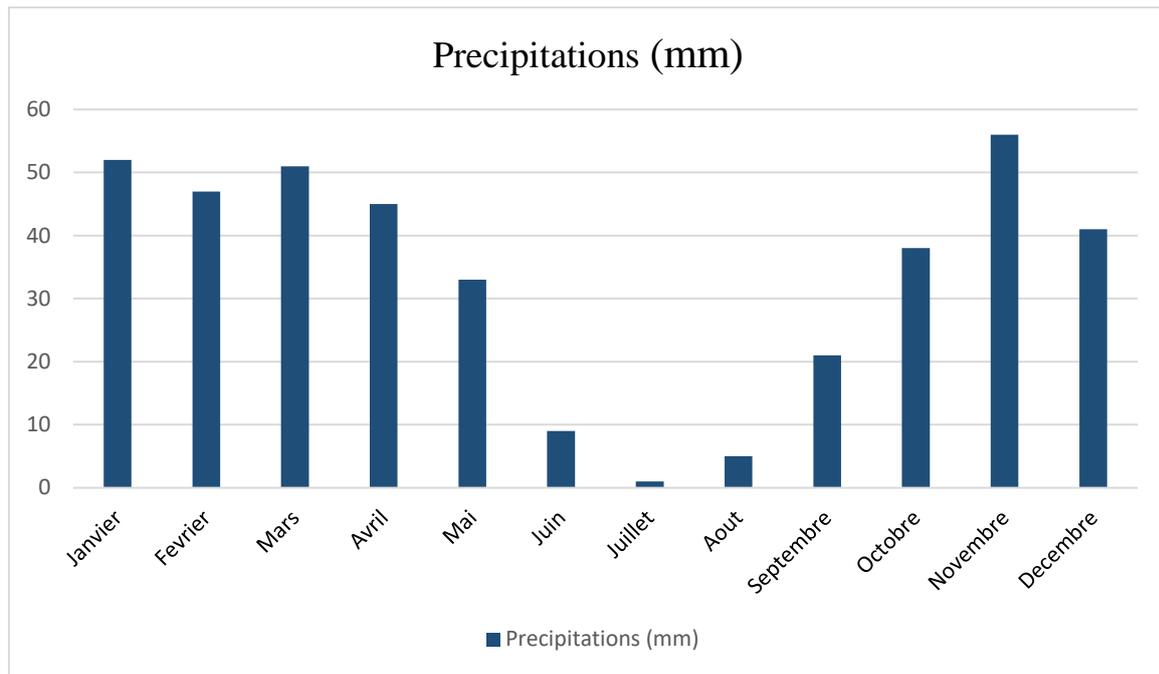


Figure 17: Moyenne mensuelles des précipitations de la station Nedroma (1991-2021)

Le mois de juillet présente les précipitations les plus faibles, avec une moyenne de seulement 1 mm. En revanche, le mois de novembre enregistre le taux de précipitations le plus élevé, avec une moyenne de 56 mm.

2.3 Température

La mesure de la température est essentielle dans les études écologiques pour comprendre les modèles de distribution des espèces, évaluer les effets du changement climatique sur les écosystèmes et prédire les réponses des organismes aux variations de température, elle est constituée comme un facteur important pour la végétation.

Tableau 4: Moyennes mensuelles des températures de la station Nedroma (1991-2021)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T°C	8,9	9,6	12,1	14,3	17,6	21,9	25,1	25,4	22	18,4	12,8	10

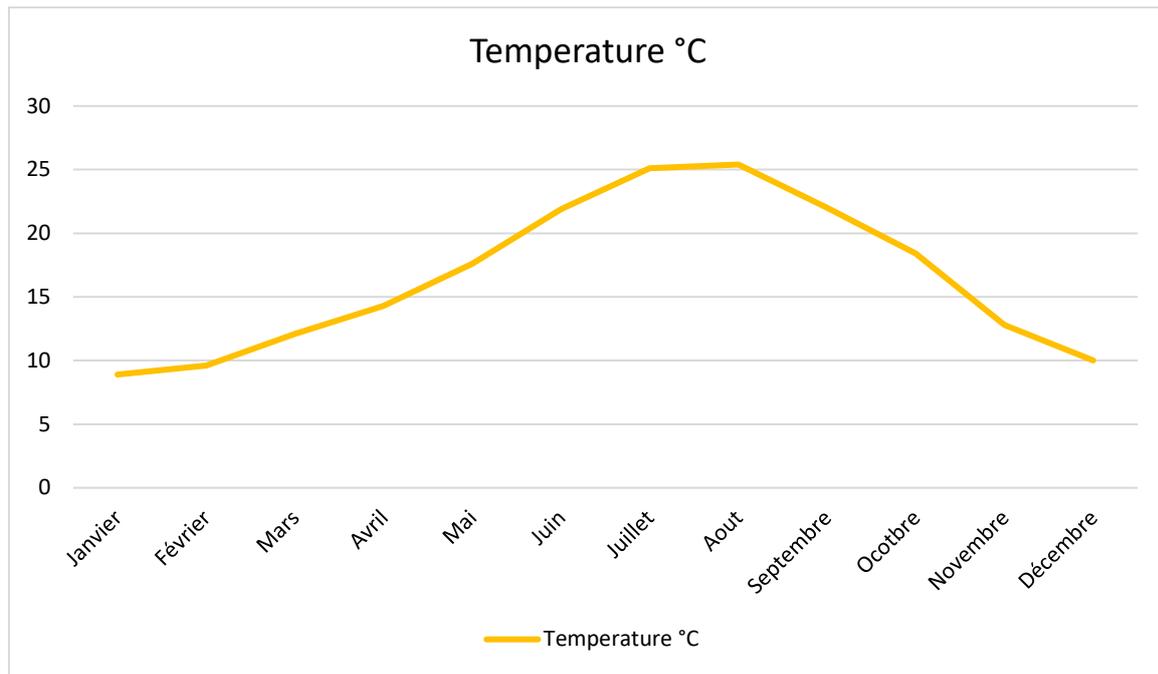


Figure 18: Moyennes mensuelles des températures de la station Nedroma (1991-2021)

En août, le mois le plus chaud de l'année, la température atteint en moyenne 25,4 °C. À l'inverse, en janvier, le mois le plus froid de l'année, la température descend en moyenne à 8,9 °C.

Tableau 5: Moyennes mensuelles maximales et minimales des températures de la station Nedroma (1991-2021)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Température minimale (°C)	4,3	4,8	6,9	9	12,3	16,2	19,5	20	17,2	13,4	8,4	5,6
Température maximale (°C)	14,5	15,1	17,6	19,7	22,8	27,2	30,6	31,1	27,3	24,1	18	15,5

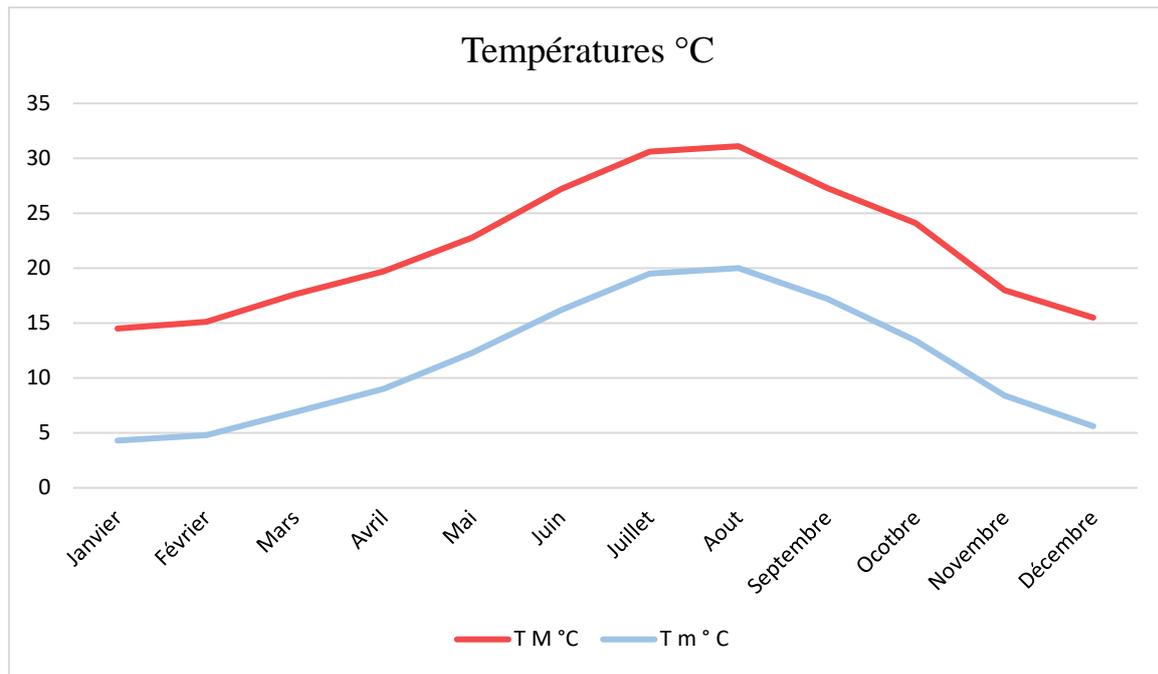


Figure 19: Moyennes mensuelles maximales et minimales des températures de la station Nedroma (1991-2021)

2.4 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953)

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson est un outil graphique utilisé en climatologie pour représenter les conditions climatiques d'une région spécifique. Il a été développé par les géographes français Bagnouls et Gausson dans les années 1950.

Ce diagramme combine les informations sur la pluviométrie (quantité de précipitations) et la température moyenne mensuelle d'une région donnée sur une base annuelle. Il est composé de deux axes principaux : l'axe vertical représente les précipitations en millimètres d'un côté et de l'autre côté les moyennes de température, tandis que l'axe horizontal représente les mois de

l'année.

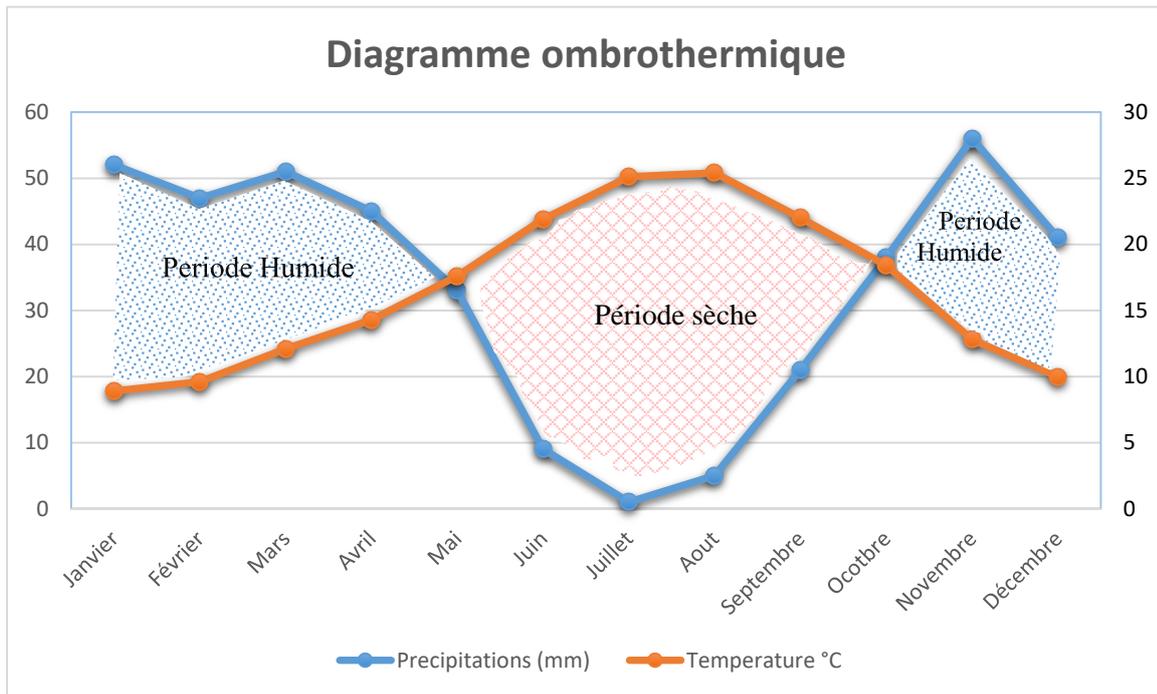


Figure 20: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la station de Nedroma

2.5 Quotient Pluviothermique d’Emberger

Emberger (1930) a introduit une mesure appelée le quotient pluviothermique Q2, qui a été conçu spécifiquement pour évaluer le climat méditerranéen. La formule de ce quotient est la suivante :

$$Q2 = \frac{2000p}{M^2 - m^2}$$

P : Pluviosité moyenne annuelle en (mm)

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud exprime en (K°)

m : Moyenne des minimas du mois le plus froid exprime en (K°)

Tableau 6: Quotient Pluviothermique d’Emberger

Station	Période	P	M	m	Q2
Nedroma	1991-2021	399 mm	304,25 K°	277,45 K°	51,19

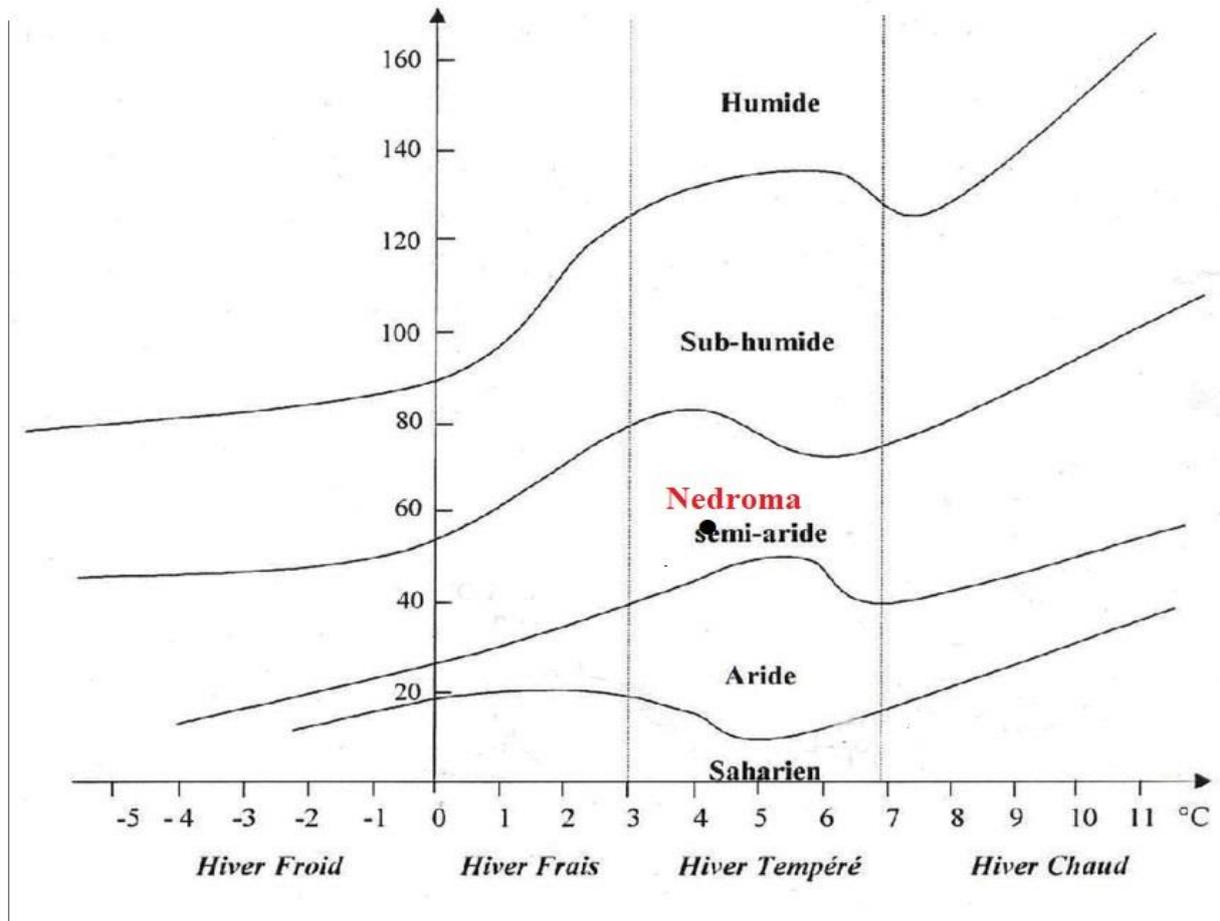


Figure 21: Climagramme de la région de Nedroma (1991-2021)

3 Etude entomologique

Nous avons réalisé notre étude en utilisant des échantillons de cladodes de l'*Opuntia ficus indica* prélevés à la station de Nedroma.

3.1 Echantillons des cladodes d'*Opuntia ficus indica*

Nous avons utilisé les critères suivants pour choisir la station où nous avons effectué nos prélèvements d'échantillons :

Le taux d'infestation d'*Opuntia*

La station doit être non traitée

Les échantillons sont prélevés d'une manière aléatoire (échantillonnage aléatoire) dans notre station. Les cladodes sont récoltés au hasard à partir des plantes. Les échantillons sont prélevés au cours du mois d'avril, les cladodes utilisés sont infestés par le *Dactylopius opuntia*.

Nous avons utilisé une image provenant de Google Earth pour visualiser et présenter la station d'étude.

Notre station est représentée par la couleur verte sur l'image.



Figure 22: la station d'étude de Nedroma (Google earth 2023)

4 Etude phytologique

4.1 Matériel Végétales

La sélection de la plante étudiée repose principalement sur son potentiel thérapeutique et les propriétés insecticides présentes dans son essence végétale.

4.2 Collecte de matériels végétales

Voici les informations concernant la cueillette d'*Eucalyptus globulus* en décembre 2022, ainsi que les détails sur la partie de la plante étudiée et le lieu de collecte, présentés dans le tableau suivant :

Tableau 7: Paramètres géographiques de site de l'espèces récoltée.

Espèce	Site de collecte	Période de collecte	Partie étudiée
<i>Eucalyptus globulus</i>	Hai Sidi Otman (Tlemcen) (34,5352N18,25W)	Décembre 2022	Les feuilles

4.2.1 Procédé d'extraction de l'huile essentielle :

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a été extraite à l'aide de l'appareil Clevenger.



Figure 23: Montage de l'hydrodistillation type Clevenger

4.2.2 Méthodes

Nous avons introduit 300 g d'*Eucalyptus globulus* dans un alambic rempli aux trois quarts d'eau distillée. L'eau devait rester en dessous de 100°C pendant toute l'opération. Au bout d'une heure, la plante a commencé à bouillir, et l'opération s'est poursuivie pendant 5 à 6 heures.

4.2.3 Conservations des huiles essentielles

Les échantillons ont été conservés dans des flacons en verre, dans un environnement frais, sec et à l'abri de la chaleur excessive, tout en étant éloignés des sources d'humidité.

4.2.4 Conservations d'hydrolat

L'hydrolat a été préservé dans une bouteille en verre teinté et stocké dans un réfrigérateur afin de maintenir sa fraîcheur et ses propriétés bénéfiques.

4.2.5 Détermination du rendement en huiles essentielles

Le rendement en huiles essentielles peut varier en fonction de nombreux facteurs, tels que la plante utilisée, la méthode d'extraction et les conditions de l'extraction. Il est important de noter que le rendement peut également être influencé par la qualité de la matière végétale utilisée. Le rendement est calculé en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Rdt} = \frac{M}{M_0} \times 100$$

Rdt : Rendement en huiles essentielles en pourcentage

M : Masse d'huile essentiel en (g)

M0 : Masse de matière végétale à traiter en (g)

4.2.6 Méthodes d'obtention de la poudre

Pour obtenir de la poudre d'eucalyptus, on a utilisé un broyeur électrique en traitant des feuilles séchées. Le broyeur électrique est un appareil qui permet de réduire les feuilles d'eucalyptus séchées en une texture fine et homogène. En utilisant cet équipement, les feuilles sont introduites dans le broyeur, où elles sont écrasées, pulvérisées et transformées en particules de taille réduite.



Figure 24: Poudre d'*Eucalyptus globulus*

5 Méthode de la lutte biologique par l'huile essentielle, hydrolat et la poudre végétale d'*Eucalyptus globulus*

5.1 Matières végétales :

A partir de l'échantillon récolté d'*Eucalyptus globulus*, nous avons :

- Fait extraire son huile essentielle et son hydrolat.
- Obtenu sa poudre végétale après un broyage.

5.2 Produit chimique :

Dimethyl Sulfoxyde (DMSO)

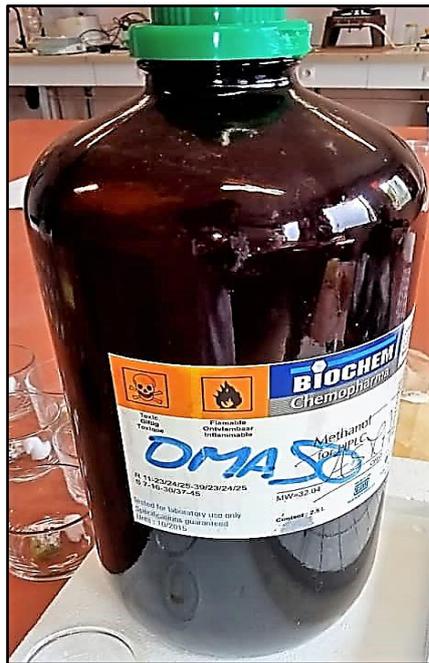


Figure 25: Dimethyl Sulfoxyde (DMSO)

5.3 Matériels Utilisé

- Micropipette 10/100 μl
- Micropipette 0,5/10 μl
- Tube en verre
- Eppendorf tube
- Becher
- *Étiquettes*
- Vérines
- Filtre
- Elastique ruban
- Pincés, ciseaux, cuillers, couteaux, cutteur lame.
- Boite de Pétri
- Microscope, Loupe binoculaire.



Figure 26: Matériel

6 Méthode de lutte

- Poudre

Pour le traitement par la poudre, nous avons préparé trois échantillons de poids différents (2 g, 4 g, 6 g) que nous avons placés dans des boîtes de Pétri. À l'intérieur de chaque boîte, nous avons introduit des morceaux de raquette d'opuntia infectés par *Dactylopius opuntiae*, avec chaque morceau contenant sept insectes adultes. L'observation de ces échantillons a été réalisée pendant une période de 72 heures, pour chaque expérience on a pris 10 individus. Chaque expérience a été refaite trois fois.

- Hydrolat

Pour l'hydrolat, nous avons utilisé deux méthodes d'application : par contact et par inhalation. Nous avons traité les échantillons avec trois doses différentes : 10 μ l, 20 μ l et 30 μ l. Les échantillons traités ont été placés dans des verrines en verre, recouvertes d'un filtre permettant la respiration des insectes. L'observation a été effectuée pendant une durée de 96 heures, pour chaque expérience on a pris 10 individus. Chaque expérience a été refaite trois fois.

Lors de l'application par contact, l'hydrolat a été directement appliqué sur les insectes. L'effet de l'hydrolat sur les insectes a été évalué en observant tout changement de comportement, de mortalité ou d'autres réactions.

Dans le cas de l'application par inhalation, les insectes ont été exposés à l'hydrolat injecté dans un coton de manière à permettre aux insectes de l'inhaler. Au cours des 96 heures d'observation, nous avons noté et enregistré les effets de l'hydrolat sur les insectes, tels que leur activité, leur mortalité ou tout autre signe de réaction. Ces observations nous ont permis d'évaluer l'efficacité de l'hydrolat dans le traitement des insectes étudiés.

- Huile essentielle

Pour la lutte par l'huile essentielle d'eucalyptus, nous avons utilisé les méthodes par contact et par inhalation. Nous avons préparé cinq doses différentes d'huile essentielle diluée à 50 % avec du DMSO : 5 μ l, 7 μ l, 10 μ l, 13 μ l et 15 μ l. Un groupe témoin a également été inclus dans l'expérience, pour chaque expérience on a pris 10 individus. Chaque expérience a été refaite trois fois.

Les échantillons traités, ainsi que le groupe témoin, ont été placés dans des verrines en verre, recouvertes d'un filtre permettant la respiration des insectes. Pour la méthode par contact, les doses d'huile essentielle diluée ont été appliquées directement sur les insectes. Pour la méthode par inhalation, les insectes ont été exposés à l'huile essentielle injectée dans des morceaux de coton.

L'observation a été réalisée pendant une période de 96 heures. Nous avons enregistré les effets de l'huile essentielle d'eucalyptus sur les insectes, tels que les changements de comportement, la mortalité ou toute autre réaction. Les observations ont été comparées entre les différentes doses d'huile essentielle et le groupe témoin traité avec du DMSO seul.

En analysant les résultats, nous avons pu évaluer l'efficacité de l'huile essentielle d'eucalyptus dans la lutte contre les insectes, en utilisant les deux méthodes d'application : par contact et par inhalation.

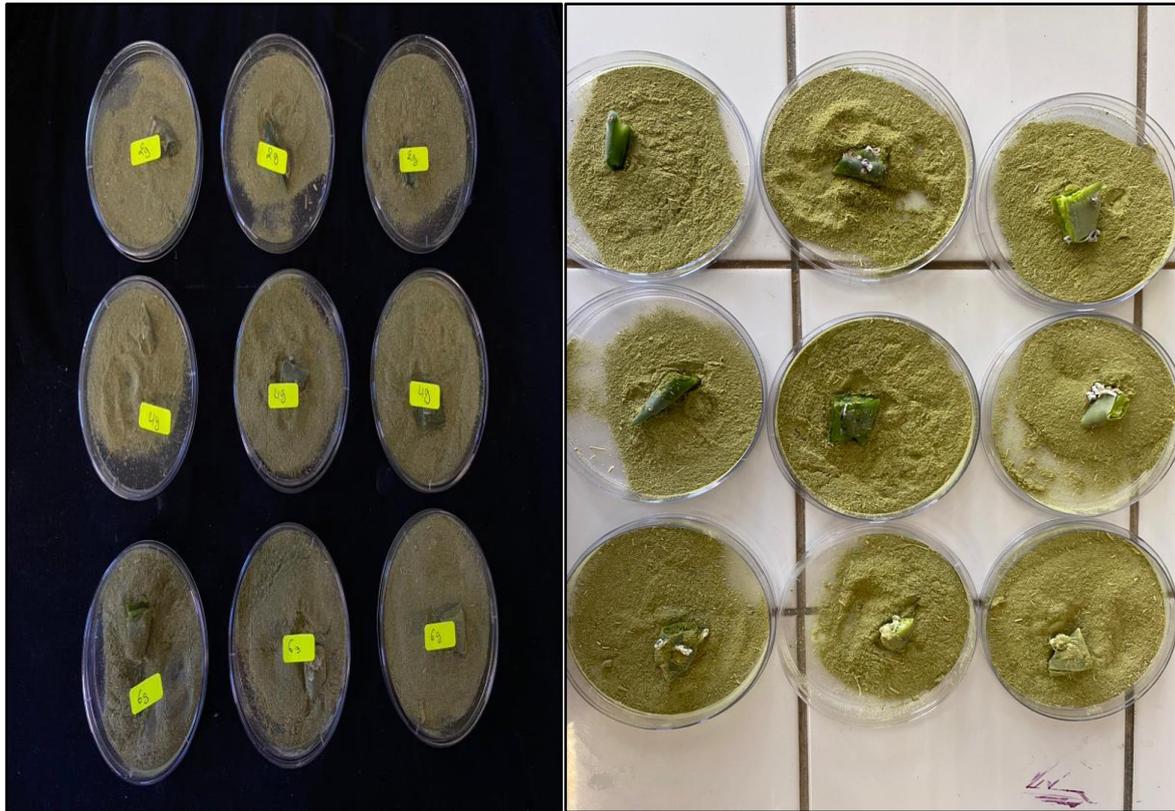


Figure 27: Traitement par la poudre

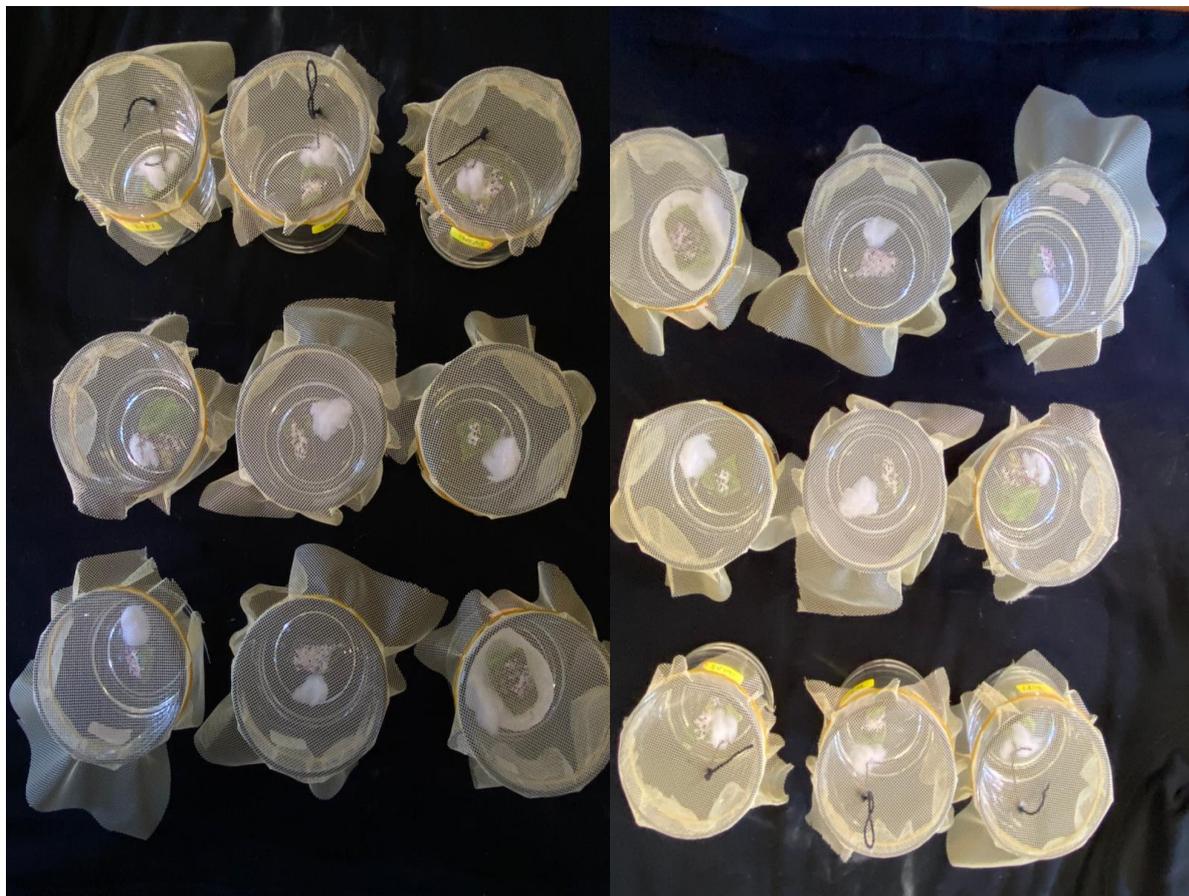


Figure 28: Traitement par l'hydrolat et l'huile essentielle

Chapitre III

Résultats

Et

Discussion

Dans notre étude, nous nous sommes focalisés sur la lutte biologique contre le ravageur de l'*Opuntia ficus indica*, en particulier le *Dactylopius opuntiae*. Dans cette perspective, nous avons utilisé l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, ainsi que son hydrolat et sa poudre végétale, afin d'évaluer et de comparer leur efficacité dans la lutte contre ce ravageur.

Notre objectif principal était d'estimer l'efficacité de ces produits dans la lutte contre le ravageur, en les comparant les uns aux autres. Nous avons effectué des tests en laboratoire et sur le terrain pour évaluer leur capacité à repousser le *Dactylopius opuntiae*, à réduire son nombre et à minimiser les dégâts causés aux cultures d'*Opuntia ficus indica*.

Les résultats de notre étude fournissent des informations précieuses sur l'utilisation de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, de son hydrolat et de sa poudre végétale comme méthodes potentielles de lutte biologique contre le *Dactylopius opuntiae*. Ces résultats contribuent à une meilleure compréhension des options de lutte disponibles pour les agriculteurs et les experts en agriculture, et ouvrent la voie à de nouvelles approches durables pour la gestion de ce ravageur dans les cultures d'*Opuntia ficus indica*.

1 Etude phytochimique

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est un produit extrait des feuilles de l'arbre d'eucalyptus globulus. L'huile essentielle d'eucalyptus est largement reconnue pour ses multiples propriétés bénéfiques. Elle possède des qualités antimicrobiennes, antifongiques et insecticides, ce qui en fait un choix prometteur pour la lutte biologique contre les ravageurs. Son utilisation dans la gestion du *Dactylopius opuntiae*, le ravageur de l'*Opuntia ficus indica*, vise à repousser, réduire et contrôler l'infestation de ce nuisible, offrant ainsi une alternative naturelle et respectueuse de l'environnement pour protéger les cultures.

Dans cette section, nous avons procédé au calcul du rendement en huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, tout en identifiant ses caractéristiques spécifiques.

1.1 Caractéristiques de l'huile essentielle

Tableau 8: Caractéristiques de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*

Espèces	Couleur	Aspect	Odeur
<i>Eucalyptus globulus</i>	Jaune verdâtre	liquide visqueux	Fraîche aromatiques et mentholées

1.2 Rendement en huile essentielle

Les résultats du rendement en huile essentielle obtenus par la technique d'hydrodistillation en utilisant la matière végétale préalablement séchée sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9: Rendement en huile essentielle de la plante sèche

Essai	1	2	3	4
Masse végétale (g)	250g	250g	250g	180g
Masse d'huile (g)	0,58 g	0,44 g	0,50 g	0,23 g
Rendement (%)	0,23%	0,17%	0,20%	0,13%

Les résultats du rendement en huile essentielle obtenus par la technique d'hydrodistillation en utilisant de la matière végétale fraîche sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10: Rendement en huile essentielle de la plante fraîche

Partie distille	Feuille
Masse végétale (g)	400g
Masse d'huile (g)	0,78 g
Rendement (%)	0,19%

Selon une étude menée par **Imloul et Boudrah en 2021**, il a été constaté que la valeur optimale obtenue avec l'*Eucalyptus globulus* séché était de 1.96%, tandis que l'*Eucalyptus globulus* frais avait une valeur de 0.78%.

Selon une étude réalisée par **Belkhiri et Lanane en 2020**, le rendement de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a été mesuré à 1,659%.

La quantité d'huile essentielle obtenue est de 3 ml/kg, ce qui est inférieur à la limite seuil établie par la pharmacopée européenne fixée à 15 ml/kg. Cela indique que l'huile essentielle obtenue présente une quantité inférieure sur le plan quantitatif.

Les résultats obtenus peuvent être attribués au fait que le moment de la récolte peut ne pas être optimal. La qualité et la quantité des huiles essentielles peuvent varier selon le stade de développement de la plante au moment de la récolte. Dans ce cas, la récolte était probablement à un stade où la teneur en huile essentielle était encore faible. Il est important de respecter la période de la récolte afin d'obtenir un meilleur rendement en fonction de la quantité d'huile essentielle.

2 Activité insecticide de l'Huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur *Dactylopius opuntiae*

Ces dernières années, la lutte biologique a donné des résultats efficaces grâce à l'utilisation des huiles essentielles, notamment en exploitant la disponibilité de l'arbre d'*Eucalyptus globulus* en Algérie. Cette approche permet d'assurer une lutte biologique contre le ravageur d'*Opuntia*, à savoir le *Dactylopius opuntiae*.

2.1 Calcul des taux de mortalité de *Dactylopius opuntiae*

Les données relatives à la toxicité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur *Dactylopius opuntiae* par contact sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 11: Activité insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* par contact

Essais	Concentrations	Nombre d'individus décédés				Taux de mortalité %			
		6h	12h	24h	48h	6h	12h	24h	48h
1	5 µl	2	2	3	3	20%	20%	30%	30%
	7 µl	3	4	4	4	30%	40%	40%	40%
	10 µl	4	5	5	6	40%	50%	50%	60%
	13 µl	6	7	8	10	60%	70%	80%	100%
	15 µl	8	10	10	10	80%	100%	100%	100%
2	5 µl	1	2	2	2	10%	20%	20%	20%
	7 µl	3	4	4	4	30%	40%	40%	40%
	10 µl	3	3	4	5	30%	30%	40%	50%
	13 µl	5	6	7	9	50%	60%	70%	90%
	15 µl	6	9	10	10	60%	90%	100%	100%
3	5 µl	2	2	2	3	20%	20%	20%	30%
	7 µl	3	4	4	4	30%	40%	40%	40%
	10 µl	3	3	4	6	30%	30%	40%	60%
	13 µl	5	7	7	9	50%	70%	70%	90%
	15 µl	7	10	10	10	70%	100%	100%	100%
Témoins		0				0%			

2.2 Interprétation

Nous avons observé l'efficacité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* qui varie en fonction de sa concentration. En effet, suite à notre étude nous avons constaté que l'efficacité de cette huile essentielle dans la lutte contre *Dactylopius opuntiae* est directement liée à sa concentration.

Suite à l'application d'une concentration de 15 µl de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, une observation importante a été faite : un taux de mortalité de 100 % chez *Dactylopius opuntiae* a été constaté après seulement 12 heures après le traitement.

Cette constatation démontre clairement l'efficacité significative de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* à cette concentration spécifique.

À une concentration de 5 µl d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, le taux de mortalité de *Dactylopius opuntiae* varie entre 20 et 30 % après 48 heures d'observation.

Une concentration de 7 µl d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* conduit à un taux de mortalité de 40 % chez *Dactylopius opuntiae* après une période d'observation de 48 heures.

Après une période d'observation de 48 heures, l'application d'une concentration de 10 µl d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* entraîne un taux de mortalité oscillant entre 50 et 60 % chez *Dactylopius opuntiae*.

Suite à l'application d'une concentration de 13 µl d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* et après une période d'observation de 48 heures, un taux de mortalité significatif est observé chez *Dactylopius opuntiae*, se situant entre 90 et 100 %.

Ces résultats indiquent une corrélation entre l'augmentation de la concentration d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* et l'efficacité de la lutte contre *Dactylopius opuntiae*. Les concentrations plus élevées tendent à conduire à des taux de mortalité plus élevés et à une action plus rapide sur le ravageur.

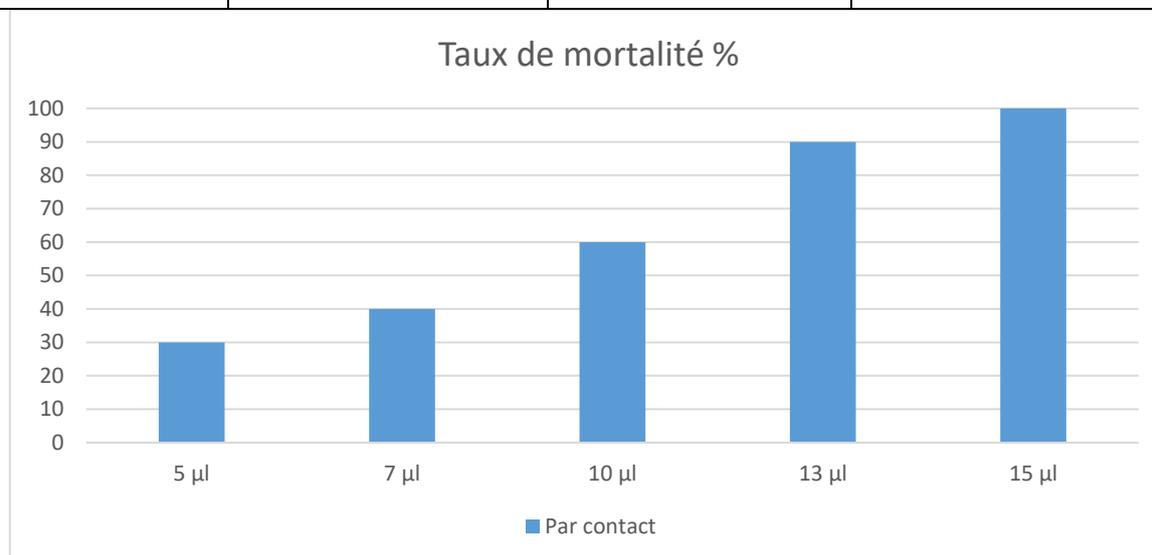
En résumé, les résultats des différentes concentrations d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* montrent une augmentation progressive de l'efficacité contre *Dactylopius opuntiae*, allant de taux de mortalité modéré à élevé, soulignant ainsi le potentiel de cette huile essentielle dans la lutte biologique contre ce ravageur.

2.3 Par inhalation :

Les données relatives à la toxicité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur *Dactylopius opuntiae* par inhalations sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 12: Activité insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* par inhalation

Essai	Concentrations	Nombre d'individus décédés				Taux de mortalité %			
		12h	24h	48h	72h	12h	24h	48h	72h
1	5 μ l	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%
	10 μ l	0	0	1	1	0%	0%	10%	10%
	15 μ l	0	0	0	1	0%	0%	0%	10%
2	5 μ l	0	0	0	1	0%	0%	0%	10%
	10 μ l	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%
	15 μ l	0	1	2	2	0%	10%	20%	20%
3	5 μ l	0	0	0	1	0%	0%	0%	10%
	10 μ l	0	1	1	2	0%	10%	10%	20%
	15 μ l	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%
Témoins		0				0%			

Figure 29: Activité insecticide de l'huile essentielle de *Eucalyptus globulus* par contact

2.4 Interprétations

Dose de 5 μ l : Le taux de mortalité varie entre 0 % et 10 % après 72 heures d'observation. Cela indique qu'il y a très peu d'effet sur la mortalité des insectes à cette dose. Il est possible que la concentration utilisée ne soit pas suffisante pour avoir un impact significatif sur *Dactylopius opuntia*.

Dose de 10 μ l : Le taux de mortalité varie entre 0 % et 20 % après 72 heures d'observation. Bien que légèrement supérieur à la dose de 5 μ l, le taux de mortalité reste relativement faible. Cela suggère que l'augmentation de la dose n'a pas conduit à une augmentation significative de l'effet insecticide. Il est possible que la concentration d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* utilisée ne soit pas suffisamment élevée pour obtenir des résultats plus marqués.

Dose de 15 μ l : Le taux de mortalité varie entre 10 % et 20 % après 72 heures d'observation. Bien que légèrement plus élevé que les doses précédentes, le taux de mortalité reste relativement faible. Cela suggère que même à cette dose plus élevée, l'effet insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* par inhalation est limité.

Dans l'ensemble, les résultats indiquent que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* par inhalation à différentes doses n'a pas eu un effet insecticide marqué sur *Dactylopius opuntia*. Les taux de mortalité observés sont relativement faibles et ne dépassent pas 20 %.

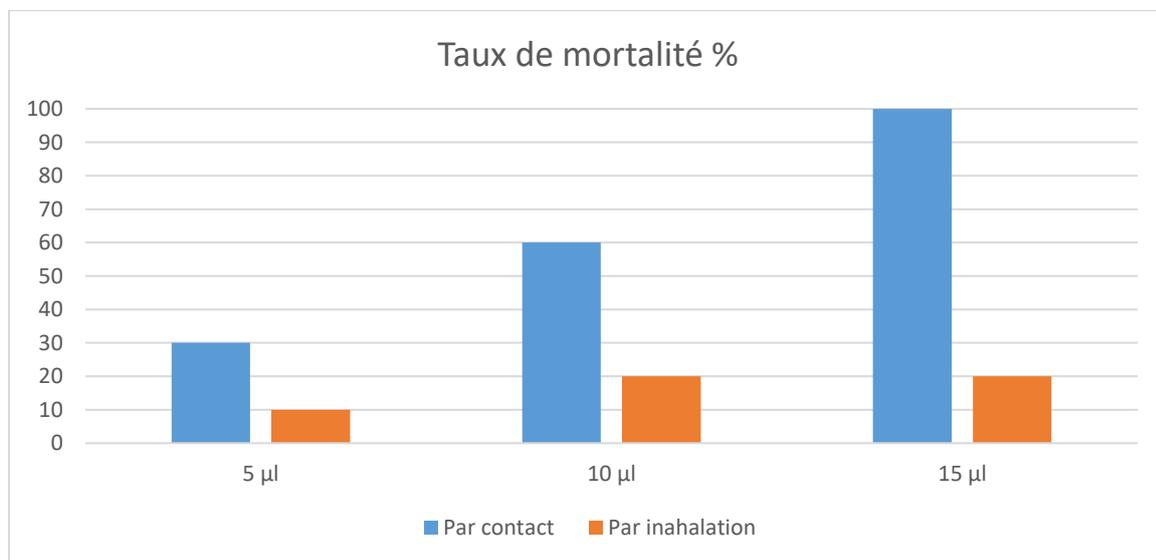


Figure 30: Comparaison de l'effet insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus* dans la lutte contre *Dactylopius opuntiae* par contact et par inhalation

Les résultats obtenus suggèrent que l'efficacité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est plus marquée lorsqu'elle est appliquée par contact plutôt que par inhalation.

Lorsqu'elle est utilisée par contact, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a montré un effet plus prononcé sur la mortalité des insectes *Dactylopius opuntia*, avec des taux de mortalité allant jusqu'au 100 % selon les doses. Cela suggère que le contact direct avec l'huile essentielle peut provoquer des effets insecticides plus significatifs.

En revanche, lorsqu'elle est utilisée par inhalation, les résultats ont montré des taux de mortalité relativement faibles, allant de 0 % à 10 % pour la dose de 5 μ l, de 0 % à 20 % pour la dose de 10 μ l et de 10 % à 20 % pour la dose de 15 μ l. Ces résultats indiquent que l'application par inhalation ne semble pas aussi efficace que l'application par contact direct.

Cela suggère que les propriétés insecticides de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* peuvent être mieux exploitées lorsqu'elle est utilisée de manière directe, en permettant un contact prolongé avec les insectes cibles.

2.5 Estimations de la dose létale

Nous avons réalisé des expériences visant à déterminer les concentrations létales de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* lorsqu'elle est appliquée par contact sur *Dactylopius opuntiae*. Les calculs nécessaires ont été effectués à l'aide du logiciel SPSS. Les résultats obtenus ont permis de déterminer les niveaux de concentration nécessaires pour induire la mortalité des insectes. Ces concentrations létales jouent un rôle crucial dans la détermination de la quantité optimale d'huile essentielle à utiliser pour contrôler l'infestation de cochenilles.

Le tableau ci-dessous présente les doses létales allant de 10 à 99, le tableau répertorie les pourcentages de doses létales correspondant à différentes concentrations de substances ou traitements. Ces doses létales indiquent les niveaux de concentration auxquels un pourcentage spécifique de l'organisme cible est susceptible de mourir en conséquence du traitement.

Tableau 13: Valeurs estimées des concentrations létales pour *Dactylopius opuntiae* de *Eucalyptus globulus*

Probabilité	Estimation
10	3,851
20	4,891
30	5,733
40	6,530
50	7,360
60	8,294
70	9,448
80	11,075
90	14,065
99	28,518

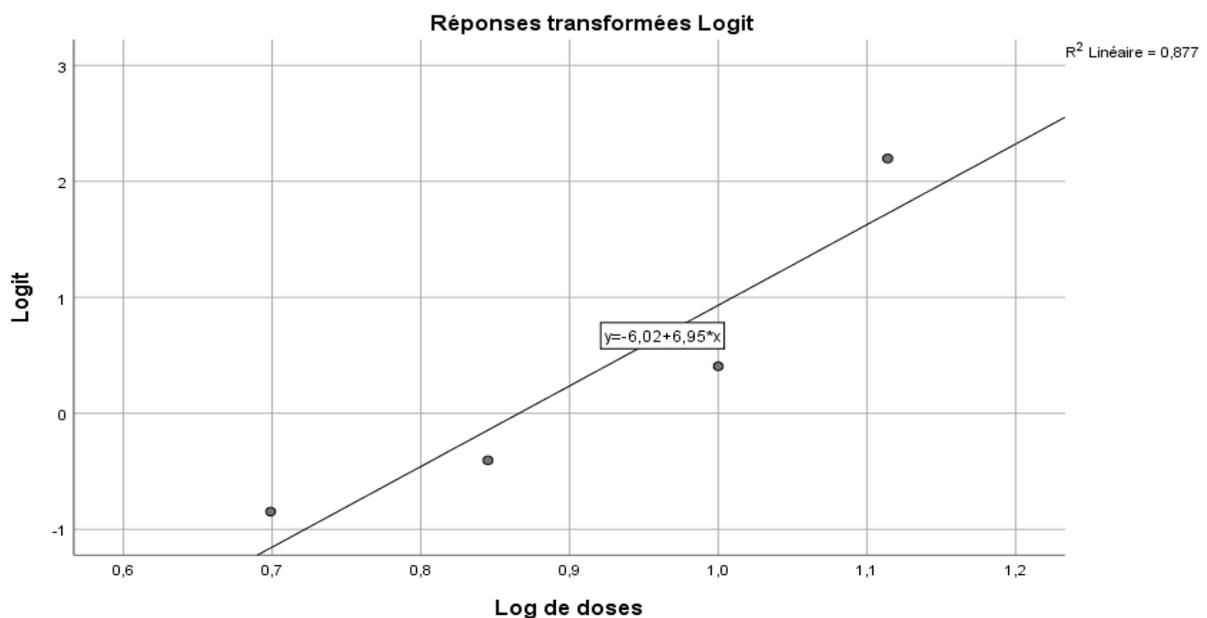


Figure 31: courbes des points des Log des doses (Logiciel SPSS)

Les résultats du tableau confirment l'efficacité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* contre le ravageur *Dactylopius opuntiae* en termes de toxicité. La concentration létale médiane (DL50) de l'huile essentielle était de 7,360 µl, tandis que la concentration létale à 90 % (DL90) était de 14,065 µl.

2.6 Discussion

Lorsqu'il s'agit de traiter *Dactylopius opuntiae*, nous avons constaté que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est plus efficace lorsqu'elle est utilisée en traitement par contact plutôt qu'en inhalation. Cela signifie que l'application directe de l'huile essentielle sur le ravageur ou sur les surfaces où il se trouve est plus toxique pour *Dactylopius opuntiae* que l'inhalation de l'huile.

Cette constatation met en évidence le fait que les propriétés biocides de l'huile essentielle de *Eucalyptus globulus* sont plus efficaces lorsqu'elles sont en contact direct avec le ravageur. Lorsque le ravageur entre en contact avec l'huile essentielle, ses composés actifs agissent rapidement et provoquent une toxicité plus élevée, ce qui peut entraîner une réduction significative de la population de *Dactylopius opuntiae*.

La concentration létale (DL50) mesurée était de 7,360 µl, ce qui témoigne de la grande toxicité de notre essence vis-à-vis de ce ravageur. Ces résultats confirment que notre huile essentielle possède des propriétés biocides remarquables et constitue une solution efficace pour lutter contre *Dactylopius opuntiae*.

3 Activité insecticide d'Hydrolat d'*Eucalyptus globulus* sur *Dactylopius opuntiae*

3.1 Par contact:

Les données relatives à la toxicité de l'hydrolat sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 14: Activité insecticide de l'hydrolat d'*Eucalyptus globulus* par contact

Essai	Concentrations	Nombre d'individus décédés				Taux de mortalité %			
		12h	24h	48h	72h	12h	24h	48h	72h
1	10 μ l	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%
	20 μ l	0	0	1	2	0%	0%	10%	20%
	30 μ l	0	0	1	1	0%	0%	10%	10%
2	10 μ l	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%
	20 μ l	0	0	0	1	0%	0%	0%	10%
	30 μ l	0	0	1	2	0%	0%	10%	20%
3	10 μ l	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%
	20 μ l	0	0	1	1	0%	10%	10%	10%
	30 μ l	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%
Témoins		0				0%			

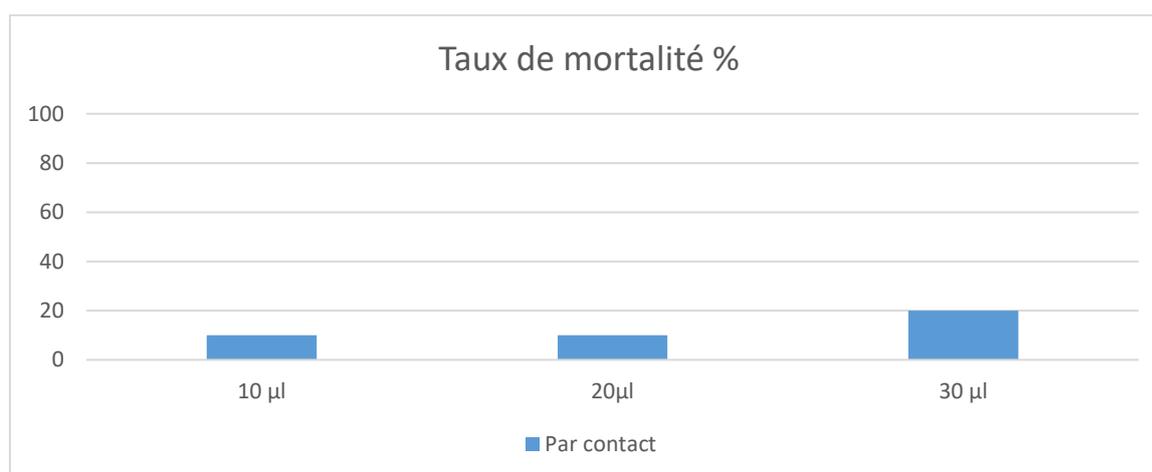


Figure 32: Activité insecticide de l'hydrolat de *Eucalyptus globulus* par contact

Les résultats obtenus pour l'hydrolat à trois doses différentes, soit 10 μ l, 20 μ l et 30 μ l, montrent que le taux de mortalité de *Dactylopius opuntiae* est assez faible, variant entre 10 % et 20 % après 72 heures d'observation.

Lorsque nous avons utilisé l'hydrolat comme traitement, nous avons même observé l'apparition de nouveaux individus de *Dactylopius opuntiae*, à des stades larvaires 1 et 2.

Ces résultats suggèrent que l'hydrolat n'est pas aussi efficace que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* pour éliminer ce ravageur. En effet, malgré l'application de différentes doses d'hydrolat, le pourcentage de mortalité observé reste relativement bas. Cela indique que les composés présents dans l'hydrolat ont une toxicité limitée contre *Dactylopius opuntiae*.

Par inhalation : Lorsque nous avons utilisé l'hydrolat par inhalation, le taux de mortalité de *Dactylopius opuntiae* était pratiquement de 0 %. De plus, nous avons également observé l'apparition de nouveaux individus de ce ravageur.

Ces résultats indiquent clairement que l'hydrolat utilisé par inhalation n'a pas eu d'effet significatif sur la mortalité de *Dactylopius opuntiae*. En d'autres termes, les composés présents dans l'hydrolat n'ont pas démontré une activité biocide suffisamment efficace pour éliminer ce ravageur par inhalation.

De plus, l'apparition de nouveaux individus malgré l'utilisation de l'hydrolat suggère que le traitement par inhalation n'a pas non plus exercé un effet répulsif ou inhibiteur sur la reproduction de *Dactylopius opuntiae*.

4 Activité insecticide de la poudre végétale d'*Eucalyptus globulus* sur *Dactylopius opuntiae*

Tableau 15: Activité insecticide de la poudre de *Eucalyptus globulus*

Essai	Concentrations	Nombre d'individus décédés				Taux de mortalité %			
		12h	24h	48h	72h	12h	24h	48h	72h
1	2 g	0	3	3	5	0%	30%	30%	50%
	4 g	0	4	4	6	0%	40%	40%	60%
	6 g	0	3	4	6	0%	30%	40%	60%
2	2 g	0	2	4	7	0%	20%	40%	70%
	4 g	0	3	3	5	0%	30%	30%	50%
	6 g	0	4	5	7	0%	40%	50%	70%
3	2 g	0	1	3	4	0%	10%	30 %	40%
	4 g	0	2	4	7	0%	20%	40%	70%
	6 g	0	1	4	6	0%	10%	40%	60%
Témoins		0				0%			

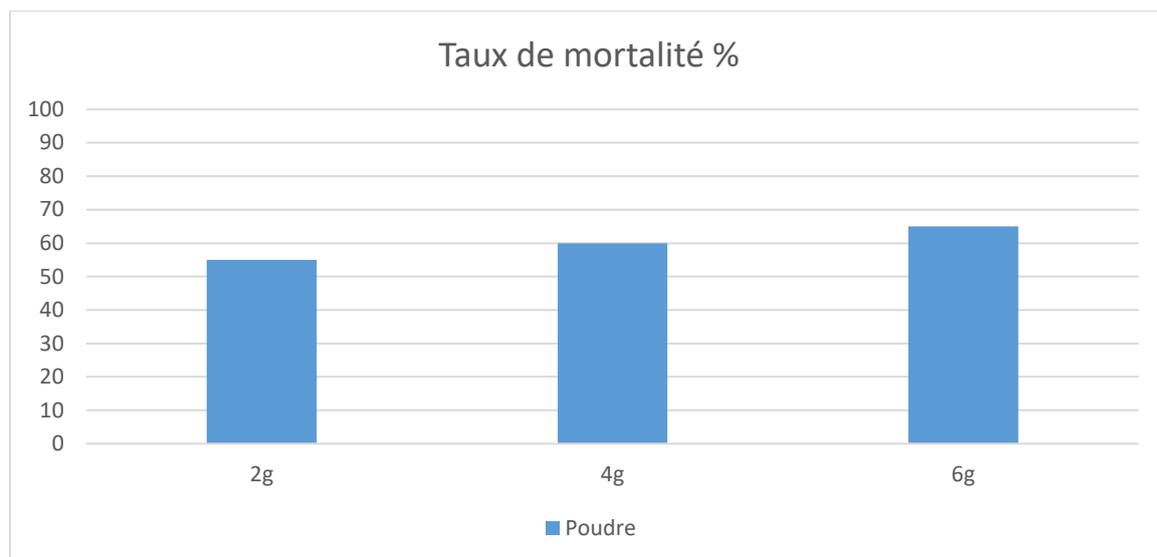


Figure 33: Activité insecticide de la poudre de *Eucalyptus globulus*

Lors de l'utilisation de la poudre, nous avons constaté que la mortalité de *Dactylopius opuntiae* variait entre 40 % et 70 % après 72 heures d'observation, en fonction des trois doses appliquées, à savoir 2 g, 4 g et 6 g.

Ces résultats indiquent que l'application de la poudre a eu un effet notable sur la réduction de la population de *Dactylopius opuntiae*. Les taux de mortalité observés sont significativement plus élevés par rapport à l'utilisation de l'hydrolat ou de l'inhalation de l'hydrolat mentionnés précédemment.

Cela suggère que les composés présents dans la poudre ont une activité biocide plus prononcée contre *Dactylopius opuntiae*. Ces composés ont été efficaces pour causer des dommages ou perturber les fonctions vitales des ravageurs, entraînant ainsi leur mortalité.

5 Discussion

Huile essentielle d'Eucalyptus par contact : Une concentration de 15 μ l a entraîné un taux de mortalité de 100 % chez *Dactylopius opuntiae* après 12 heures. Les concentrations inférieures ont conduit à des taux de mortalité allant de 20 % à 60 % après 48 heures. Une concentration de 13 μ l a provoqué un taux de mortalité de 90 % à 100 % après 48 heures.

Huile essentielle d'Eucalyptus par inhalation : Les doses de 5 μ l, 10 μ l et 15 μ l n'ont pas entraîné de taux de mortalité significatifs, atteignant seulement jusqu'à 20 % après 72 heures d'observation.

Hydrolat d'Eucalyptus par contact : Les doses de 10 μ l, 20 μ l et 30 μ l ont conduit à des taux de mortalité de 10 % à 20 % après 72 heures. De plus, l'utilisation de l'hydrolat a entraîné l'apparition de nouveaux individus de *Dactylopius opuntiae*.

Hydrolat d'Eucalyptus par inhalation : Aucun effet significatif sur la mortalité de *Dactylopius opuntiae* n'a été observé, et de nouveaux individus sont apparus.

Poudre d'Eucalyptus par contact : Les doses de 2 g, 4 g et 6 g ont provoqué des taux de mortalité allant de 40 % à 70 % après 72 heures, montrant une activité biocide plus prononcée par rapport aux autres traitements.

Conclusion

Conclusion

En conclusion, on voit que l'huile essentielle d'*Eucalyptus* par contact a démontré la plus grande efficacité en termes de réduction de la population de *Dactylopius opuntiae*.

Les résultats obtenus pour les cinq concentrations d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* peuvent être comparés pour évaluer leur efficacité respective dans la lutte contre *Dactylopius opuntiae* :

Pour une concentration de 5 μ l, le taux de mortalité varie entre 20 et 30 % après 48 heures d'observation.

Pour une concentration de 7 μ l, le taux de mortalité est de 40 % après 48 heures.

La concentration de 10 μ l a conduit à un taux de mortalité qui oscille entre 50 et 60% après 48 heures.

Avec une concentration de 13 μ l, le taux de mortalité oscille entre 90 et 100 % après 48 heures.

Pour une concentration de 15 μ l, le taux de mortalité atteint 100 % après seulement 12 heures.

Il est donc recommandé d'utiliser cette huile essentielle par contact direct pour obtenir les meilleurs résultats.

La concentration létale (DL50) mesurée était de 7,360 μ l, ce qui témoigne de la grande toxicité de notre essence vis-à-vis de ce ravageur. Ces résultats confirment que notre huile essentielle possède des propriétés biocides remarquables et constitue une solution efficace pour lutter contre *Dactylopius opuntiae*.

Comparé à l'hydrolat d'*Eucalyptus* et à la poudre d'*Eucalyptus*, l'huile essentielle par contact a montré des résultats plus marqués et une activité biocide plus prononcée. Les taux de mortalité observés avec l'huile essentielle étaient plus élevés, et même à des concentrations plus faibles, elle a réussi à éliminer une partie significative de la population de *Dactylopius opuntiae*.

Ces résultats suggèrent que les composés présents dans l'huile essentielle d'*Eucalyptus* ont des propriétés insecticides plus efficaces contre *Dactylopius opuntiae* par rapport aux autres formes (hydrolat et poudre). Il est possible que la concentration plus élevée de ces composés dans l'huile essentielle ait contribué à son efficacité accrue.

En conclusion, l'huile essentielle d'*Eucalyptus* par contact s'est révélée être la méthode la plus efficace pour lutter contre *Dactylopius opuntiae* dans le cadre de notre étude. Cependant, des perspectives futures de recherche pourraient inclure l'optimisation des concentrations et des méthodes d'application de l'huile essentielle, ainsi que l'étude de son action combinée avec d'autres substances ou techniques de lutte intégrée pour améliorer encore son efficacité dans la gestion des ravageurs.

*Références
bibliographique*

1. **Aguirre, R. J., et al, (2016).** "Biological control of *Cactophagus validus* (*Coleoptera: Erotylidae*) on prickly pear cactus, *Opuntia* spp., in Mexico." *Biocontrol Science and Technology* 26.11: 1528-1541.
2. **Alfaro-Sánchez, R., Sánchez-Gutiérrez, M., & García-González, M. C. (2019).** Potential of prickly pear (*Opuntia* spp.) as a bioenergy crop: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 99, 1-14.
3. **Almeida I.F., Fernandes E., Lima J.L., Valentão P., Andrade P.B., Seabra R.M. (2015).** Comparative study on free radical scavenger and antiacetylcholinesterase activities of essential oils from species of the genus *Origanum*. *Food and Chemical Toxicology*, 42(6), 801-808.
4. **Aronson, J., & Floret, C. (2011).** Restauration écologique des terres dégradées : principes, enjeux, pratiques. Versailles : Quae.
5. **Arrebola E., Calvo J.H., Berber M., Ayora-Cañada M.J., Pérez-Rodríguez M.J., Gómez-Rodríguez B.M. (2021).** "Assessing the potential of the bacterium *Pseudomonas aeruginosa* as a biological control agent against *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mediterranean areas." *Biological Control*, 152, 104446.
6. **Ávila-Serrano, N. Y., & Ortega-Ortiz, H. (2016).** Cactaceae as a Resource for Sustainable Agriculture in Arid and Semiarid Zones. In A. F. M. Marques & H. Medeiros (Eds.), *Cacti: Biology, Uses, and Cultivation* (pp. 159-183). Hauppauge, NY : Nova Science Publishers.
7. **Azzouz T, Chermiti B, Sabri A. 2014.** First report of *Phyllosticta opuntiae* causing leaf spot on *Opuntia ficus-indica* in Tunisia. *Plant Disease*. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-14-0525-PDN>
8. **Barbera, G., Inglese, P., & Pimienta-Barrios, E. (2015).** *Agroecology, Ecosystems, and Sustainability*. Boca Raton, FL : CRC Press.
9. **Belkacem, M., Yahiaoui, S., Boumezzough, A., Zeghib, I., & Boutekrabt, A. (2018).** Physico-chemical characterization of soils supporting the cultivation of *Opuntia ficus-indica* in the region of Tlemcen (northwest Algeria). *Acta Horticulturae*, 1227, 189-194.
10. **Ben-Dov, Y., Miller, D. R., & Gibson, G. A. (2016).** ScaleNet: a literature-based model of scale insect biology and systematics. *Database: The Journal of Biological Databases and Curation*, 2016.
11. **Bonet JA, de-Miguel S, Martinez de Aragon J, Pausas JG, (2013).** Land use and land cover effects on soil organic carbon stocks in mediterranean forests of Spain. *Forest Ecology and Management*. ;314:113-127. doi: 10.1016/j.foreco.2013.11.017
12. **Bouazza, M. (2003).** Le cactus au Maghreb: histoire, environnement, perspectives de développement. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD).
13. **Boussadia, O., Ferchichi, S., & Jbir, R. (2018).** Influence of soil texture on growth and mineral nutrition of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* L.) in a semi-arid region of Tunisia. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 18(1), 99-108.
14. **Bouyahya, A., Bakri, Y., Et-Touys, A., Talbaoui, A., Fellah, H., Abrini, J., & Dakka, N. (2021).** *Dactylopius* spp. (Hemiptera: Dactylopiidae), A Review on Phytochemistry, Pharmacological and Biological Activities. *International Journal of Pharmacology*, 17(4), 277-289.

15. **Brophy, J. J., Craven, L. A., & Doran, J. C. (2013).** Eucalyptus leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing. In *Eucalyptus: The Genus Eucalyptus* (pp. 125-162). CRC Press.
16. **Burgess I.F., Brunton E.R., Burgess N.A. (2010).** Clinical trial showing superiority of a coconut and anise spray over permethrin 0.43% lotion for head louse infestation. *European Journal of Pediatrics*, 169(1), 55-62.
17. **Calvo J.H., Berber M., Torres V., Arrebola E., Ayora-Cañada M.J., González-López O. (2019).** "Efficacy of parasitoids in controlling *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mediterranean areas." *Biocontrol Science and Technology*, 29(10), 961-979.
18. **Carson C.F., Hammer K.A., Riley T.V. (2006).** *Melaleuca alternifolia* (Tea Tree) oil: a review of antimicrobial and other medicinal properties. *Clinical Microbiology Reviews*, 19(1), 50-62.
19. **Casas, A., & Barbera, G. (2002).** La domesticación de cactáceas en Mesoamérica. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (71), 9-24.
20. **Culumber, C. M., & Hodgson, E. W. (2009).** Biology and management of *Dactylopius* species (Hemiptera: Dactylopiidae) in North America. *Annals of the Entomological Society of America*, 102(6), 899-905.
21. **Delgado-Alvarado, A., Ruiz-Aguilar, G. M., & Ocampo-Jiménez, O. (2019).** Soil fertility management in cactus pear (*Opuntia ficus-indica* [L.] Mill.) cultivation: A review. *Scientia Horticulturae*, 256, 108543.
22. **Di Bello PL, Caleca V, Ferraro R, et al. 2020.** Occurrence of *Opuntia* mosaic virus in cactus pear crops of Southern Italy. *Phytopathologia Mediterranea*. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-26382
23. ECOLOGIE, CULTURE ET UTILISATIONS DU FIGUIER DE BARBARIE, FAO, 2018
24. **El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M. S., & Latruffe, N. (2014).** Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules*, 19(9), 14879-14901.
25. **Elshafie, A. E., & El-Mougy, N. S. (2014).** Cladode rot of cactus (*Opuntia ficus-indica*) caused by *Phytophthora nicotianae* in Egypt. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(8), 231-240.
26. FAO. *Eucalyptus globulus*. <http://www.fao.org/in-action/plant-health/Eucalyptus-globulus/fr/>
27. **Félix-Salazar E, Rivera-Bustamante RF, Silva-Rosales L. 2019.** *Opuntia* virus 1: A novel betaflexivirus infecting prickly pear cactus (*Opuntia spp.*) in Mexico. *PLoS One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211251>
28. **Fernández-López, J. A., Fernández-López, A., & Martínez-Sánchez, J. J. (2019).** Photosynthetic response of *Opuntia ficus-indica* under different light intensities in a semi-arid area of south-east Spain. *Journal of Arid Environments*, 163, 37-44.
29. **Feugang, J. M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F. C., Zou, C., (2017).** Nutritional and Medicinal Use of Cactus Pear (*Opuntia spp.*) Cladodes and Fruits, *Front. Nutr.*, 4:47
30. **Fidalgo P., Calvo J.H., López M. (2017).** "Biological control of the cochineal insect *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Tenerife, Spain, with two

- introduced parasitoids (Hymenoptera: Encyrtidae)." *Biocontrol Science and Technology*, 27(6), 737-748.
31. **Fira D, Dabboussi S, Khefifi M, et al. 2021.** First report of *Opuntia* leaf spot disease caused by *Cochliobolus heterostrophus* in Tunisia. *Plant Disease*. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-20-2234-PDN>
 32. **Flores-Rentería, D., et al. (2019).** A review of *Dactylopius* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae) from Mexico, with the description of two new species. *Zootaxa*, 4550(1), 1-78.
 33. **García de Alba-García, J. E., Núñez-Colín, C. A., & Valdés-Gómez, H. (2017).** Morphological characterization of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) varieties for commercial use. *Scientia Horticulturae*, 219, 75-83.
 34. **Ginovart, M., Benedí, J., & Romero, C. (2006).** Pharmacological properties of the cactus pear (*Opuntia spp.*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(12), 1755-1758.
 35. **Gomez, F., & Oyama, K. (2013).** Effect of temperature and humidity on life history of the cochineal insect *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae). *Journal of insect science*, 13(1), 71.
 36. **González-Hernández, H., et al. (2021).** Biotechnological potential of the cochineal scale insect *Dactylopius opuntiae*: A review. *Biotechnology Reports*, 30:e00625.
 37. **Guendouz, A., & Atik, I. (2015).** Use of the cochineal insect, *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae), to control the invasive cactus *Opuntia ficus-indica* in Algeria. *African Entomology*, 23(2), 423-427.
 38. **Gullan, P. J., & Kosztarab, M. (1997).** Adaptations in scale insects. *Annual Review of Entomology*, 42(1), 23-50.
 39. **Halima, B. B., Nassima, S., & Oumelkheir, K. (2021).**
 40. **Hodgson, C. J., & Hardy, N. B. (2013).** The evolution of insect seminal fluid proteins. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 43(9), 732-741.
 41. **Houssa, B., Ammari, Y., El Gharous, M., & Benyamna, A. (2020).** A Review on Agronomic Management of *Opuntia ficus-indica*: A Sustainable and High-Value Crop for Arid Environments. *Agriculture*, 10(8), 336.
 42. **Jamshidi N., Cohen M.M. (2017).** The Clinical Efficacy and Safety of Eucalyptus Oil: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2017, 451-452.
 43. **Juergens U.R., Stöber M., Schmidt-Schilling L., Kleuver T., Vetter H. (2014).** Anti-inflammatory effects of eucalyptol (1.8-cineole) in bronchial asthma: inhibition of arachidonic acid metabolism in human blood monocytes ex vivo. *European Journal of Medical Research*, 3(17), 407-412.
 44. **Juergens U.R., Stöber M., Schmidt-Schilling L., Kleuver T., Vetter H. (2014).** Anti-inflammatory effects of eucalyptol (1.8-cineole) in bronchial asthma: inhibition of arachidonic acid metabolism in human blood monocytes ex vivo. *European Journal of Medical Research*, 3(17), 407-412.
 45. **Juergens, U. R., Dethlefsen, U., Steinkamp, G., Gillissen, A., Repges, R., & Vetter, H. (2003).** Anti-inflammatory activity of 1.8-cineol (eucalyptol) in bronchial asthma: a double-blind placebo-controlled trial. *Respiratory research*, 4(1), 1-8.

46. **Khemira H, Sahli A, Fakhfakh H. 2012.** Diseases of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica*) in Tunisia: incidence, symptoms and characterization of causal agents. *Phytopathologia Mediterranea*. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-11476
47. **Liu, S., Li, H., Wang, D., Zhang, D., & Chen, X. (2016).** Biological control of invasive plants using *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in China. *Biocontrol Science and Technology*, 26(5), 659-667.
48. **López-Cedillo, R., Calderón-Sánchez, F., Martínez-López, W., Vaca-Mier, M., & Ramos-Solís, L. (2015).** Growth and survival of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller in heavy-metal contaminated soils amended with organic matter. *Water, Air, & Soil Pollution*, 226(6), 186.
49. **M. Hernández-Ortega et al. (2011).** " *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.: A comprehensive review on botany, phytochemistry, pharmacology, and food uses." *Food Research International*, vol. 44, no. 7, pp. 1830-1844.
50. **Mandujano, M. C., Golubov, J., & Eguiarte, L. E. (2000).** Morphological variation and differentiation in wild and cultivated populations of *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae) in central Mexico. *Journal of Arid Environments*, 46(1), 1-19.
51. **Martínez, J. A., Saenz, C., & Aguilera, J. M. (2010).** Functional properties of prickly pear cactus cladodes: a review. *Journal of Food Science*, 75(5), R26-R33.
52. **Martínez-González, M. G., Camacho-Ruíz, R. M., & Flores-Moctezuma, H. E. (2013).** Current status and perspectives of the use of the cochineal insect (*Dactylopius coccus Costa*) as a natural dye. In *Natural dyes* (pp. 223-238). Springer, Berlin, Heidelberg.
53. **Medjahdi Amina, 2017** Etude comparative de la diversité floristique de trois stations de Nédroma (W. de Tlemcen) et estimation de la qualité du miel. Thèse de Master Université Abou bekr Belkaid – Tlemcen 42,51pp.
54. **Méndez-López, V. M., Celaya-Michel, H., Díaz-de-León-Sánchez, F., & García-Celaya, E. (2017).** Cacti as a Resource for Sustainable Livestock Production in Arid and Semiarid Zones. In E. Pimienta-Barrios & N. Ávila-Serrano (Eds.), *Agroecology and Strategies for Climate Change* (pp. 191-210). Cham, Switzerland : Springer
55. **Morales-Payán, J. P., Pimentel-López, D. E., Méndez-Gallegos, S. G., Cruz-Mendivil, A., & Hernández-Pérez, T. (2021).** Soil and nutritional requirements of *Opuntia ficus-indica*. In *Cactus Pear* (pp. 103-131). Springer, Cham.
56. **Nadimi M., Shams Ardekani M.R., Saeidnia S., Masoomi F., Alizadeh A.M., Hadjiakhoondi A., Tafaghodi M. (2019).** Investigation of Anti-Inflammatory and Antioxidant Activities of *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus globulus* Hydrosol. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 9(1), 66-74.
57. **Nefzaoui, A., & Ben Salem, H. (2001).** Cactus (*Opuntia* spp.) in arid and semi-arid regions as a multipurpose resource: Utilization of cactus pear fruits. *Journal of Arid Environments*, 47(3), 207-229.
58. **Nefzaoui, A., & Ben Salem, H. (2001).** *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.: a multipurpose forage and fodder crop for arid areas. *Options Méditerranéennes, Série A: Séminaires Méditerranéens*, 44, 139-147.
59. **Nefzaoui, A., & Ben Salem, H. (2001).** The role of cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) in improving livestock productivity in arid areas. *Journal of Arid Environments*, 47(3), 209-221.

60. **Nobel, P. S. (1994).** Remarkable agaves and cacti. Oxford University Press, USA.
61. **Nobel, P. S. (2015).** Cactus (*Opuntia spp.*) as Forage. Agriculture and Biology Journal of North America, 6(3), 63-74.
62. **Nobel, P.S. (2009).** Cacti: Biology and Uses. University of California Press, Berkeley, California.
63. **Opara, U. L., Al-Ani, M. R., & Cronje, P. J. R. (2010).** The effect of flowering characteristics on fruit set in cactus pear (*Opuntia ficus-indica (L.) Mill.*). Scientia Horticulturae, 124(1), 100-105.
64. **Parra-Tabla, V., & Campos-Navarrete, M.J. (2016).** Ecophysiology of Opuntia: fundamentals and applications. Springer International Publishing, Switzerland.
65. **Pimienta-Barrios, E., & Aguirre-Rivera, J. R. (2011).** Cactus Pear (*Opuntia spp.*): A Fruit Crop for the Dry Tropics of the Americas. In J. Janick (Ed.), Horticultural Reviews (Vol. 38, pp. 1-46). Hoboken, NJ : John Wiley & Sons.
66. **Rodríguez, J. G., et al. (2019).** "Effect of botanical insecticides against *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) on *Opuntia ficus-indica (L.) Miller.*" Journal of Applied Entomology 143.6: 562-570.
67. **Sadlon A.E., Lamson D.W. (2010).** Immune-modifying and antimicrobial effects of Eucalyptus oil and simple inhalation devices. Alternative Medicine Review, 15(1), 33-47.
68. **Sánchez-Medina, M. A., et al. (2020).** Morphological and molecular characterization of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) populations from central Mexico. Journal of Applied Entomology, 144(1-2), 63-73.
69. **Sánchez-Rangel, D., Rodríguez-Guerra, R., Hernández-Montiel, L. G., & Núñez-Barrios, A. (2020).** Characterization of *Rhizoctonia solani* causing cladode rot of cactus (*Opuntia ficus-indica*) in Mexico. Plant Disease, 104(4), 1074-1074.
70. **Shaaya E., Kostjukovski M., Eilberg J., Sukprakarn C. (1991).** Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. Journal of Stored Products Research, 27(3), 291-295.
71. **Silva J., Abebe W., Sousa S.M., Duarte V.G., Machado M.I., Matos F.J. (2018).** Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of Eucalyptus. Journal of Ethnopharmacology, 89(2-3), 277-283.
72. **Silva, J., Abebe, W., Sousa, S. M., Duarte, V. G., Machado, M. I., & Matos, F. J. (2003).** Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of Eucalyptus. Journal of ethnopharmacology, 89(2-3), 277-283.
73. **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.
74. **Tanigoshi, L.K., DeBach, P. (1982).** "Cactus-feeding insects and mites." University of California Press, Berkeley.
75. **Teane DA, Nicolle D, McKinnon GE, Vaillancourt RE, Potts BM.(2001)** Higher-level relationships among the eucalypts are resolved by ITS-sequence data. Australian Systematic Botany. ;14(3):305-315. doi: 10.1071/sb00024
76. **Terrazas, T., & Arias, S. (2019).** The morphology of *Opuntia* cactus: a review. Acta Botanica Mexicana, 126, e1537.

77. **Trongtokit Y., Rongsriyam Y., Komalamisra N., Apiwathnasorn C. (2005).** Comparative repellency of 38 essential oils against mosquito bites. *Phytotherapy Research*, 19(4), 303-309.
78. **USDA. (2011).** *Opuntia ficus-indica (L.) Mill.* In: USDA, ARS, National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network (GRIN) [Online Database]. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. URL: <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomydetail?id=29887>
79. **Velázquez, K., et al. (2021)**"*Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) on cactus pear (*Opuntia ficus-indica (L.) Mill.*): effects of phenology and agro-ecological conditions on its incidence and damage." *Journal of Applied Entomology* 145.5: 471-482.
80. **Williams, D. J., & Granara de Willink, M. C. (1992).** Mealybugs of Central and South America. CAB International.
81. **Yin, Q. H., Yan, F. X., Zu, X. Y., Wu, Y. H., Wu, X. N., Liao, M. C., ... & Li, Y. (2019).** *Eucalyptus globulus* extract inhibits influenza virus replication by inducing pro-inflammatory cytokines production. *Frontiers in microbiology*, 10, 1493.
82. **Zaviezo, T., et al, 2018** "Host range of the South American cactus moth, *Cactoblastis cactorum* (Berg) (Lepidoptera: Pyralidae), in North America." *Florida Entomologist* 101.1: 112-121

المخلص: حالياً، لوحظ انتشار الحشرة القرمزية *Dactylopius opuntiae* في ولاية تلمسان وأثره الخطير على نبات التين الشوكي *Opuntia ficus indica* في هذه الدراسة، كان هدفنا تقييم أثر زيت الأوكالبتوس الأساسي وماء المقطر ومسحوق نبات الأوكالبتوس ضد الحشرة القرمزية.

أظهرت النتائج أن زيت الأوكالبتوس الأساسي، عند استخدامه بالتلامس، أظهر فعالية أكثر في القضاء وتقليل معدل تكاثر الحشرة القرمزية، في تركيز قدره 15 ميكرو لتر، وصل معدل الوفيات إلى 100٪ في غضون 12 ساعة فقط. كما كان تركيز الجرعة القاتلة (LD50) 7.360 ميكرو لتر، مما يشير إلى سمية الزيت الأساسي تجاه هذه الآفة.

بالمقارنة مع الماء المقطر والمسحوق، أظهر زيت الأوكالبتوس الأساسي خصائص سمية للحشرات أكثر فعالية الحشرة القرمزية.

الكلمات المفتاحية: الحشرة القرمزية، الأوكالبتوس، التين الشوكي، الزيت الأساسي، الماء العطري، المسحوق.

Résumé :

Actuellement, une propagation importante de *Dactylopius opuntiae* dans la wilaya de Tlemcen et des dommages considérables causés à l'*Opuntia ficus indica* ont été observés. Dans cette étude, notre objectif est d'évaluer les effets insecticides de l'huile essentielle, de l'hydrolat et de la poudre végétale d'*Eucalyptus globulus* contre *Dactylopius opuntiae*, le ravageur de l'*Opuntia ficus indica*.

Les essais ont montré que l'huile essentielle d'*Eucalyptus*, lorsqu'elle est utilisée par contact, s'est révélée être la plus efficace pour détruire la population de *Dactylopius opuntiae*. À une concentration de 15 µl, le taux de mortalité a atteint 100 % en seulement 12 heures. La concentration létale (DL50) mesurée est de 7,360 µl, ce qui indique une grande toxicité de notre huile essentielle envers ce ravageur.

En comparaison avec l'hydrolat et la poudre, l'huile essentielle d'*Eucalyptus* s'est révélé plus efficace en tant qu'insecticide contre *Dactylopius opuntiae*.

Mots clé : *Dactylopius opuntiae*, *Opuntia ficus indica*, *Eucalyptus globulus*, Hydrolat, Poudre, Huile essentielle.

Abstract :

Currently, the spread of *Dactylopius opuntiae* in the Tlemcen province and its damage to *Opuntia* has been observed. In this study, our objective was to assess the insecticidal effects of *Eucalyptus globulus* essential oil, hydrosol, and plant powder against *Dactylopius opuntiae*, the pest of *Opuntia ficus indica*.

The results showed that *Eucalyptus* essential oil, when applied through contact, demonstrated the highest efficacy in reducing the population of *Dactylopius opuntiae*. At a concentration of 15 µl, the mortality rate reached 100% in just 12 hours. The measured lethal concentration (LD50) was 7.360 µl, indicating the high toxicity of our essential oil towards this pest.

In comparison to the hydrosol and powder, *Eucalyptus* essential oil exhibited more effective insecticidal properties against *Dactylopius opuntiae*.

Keywords : *Dactylopius opuntiae*, *Opuntia ficus indica*, *Eucalyptus globulus*, Hydrosol, Powder, essential oil.