



**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche**  
**Scientifique**



**UNIVERSITE ABOUBAKR BELKAID -TLEMEN**  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

**Département d'Écologie et Environnement**

Laboratoire d'Écologie et Gestion des Écosystèmes Naturels

**MÉMOIRE**

Présenté par

**AYAD-ZEDDAM Sarah**

*En vue de l'obtention du*

**Diplôme de MASTER**

**En Écologie Végétale et Environnement**

**Thème**

**Étude de l'effet de l'huile essentielle de *Schinus molle* dans la  
lutte contre *Dactylopius opuntiae*, le principal ravageur  
d'*Opuntia ficus indica* L.**

Soutenu le : 02 juillet 2024.....Devant le jury d'examen composé de :

Présidente :	<b>Mme BOUAZZA Hayet</b>	M.C.B	<b>Université de Tlemcen</b>
Encadrante :	<b>Mme TABTI Nassima</b>	M.C.A	<b>Université de Tlemcen</b>
Examinatrice :	<b>Mme KHOLKHAL Wahiba</b>	M.C.A	<b>Université de Tlemcen</b>

**Année Universitaire 2023 – 2024**

## *Remerciement*

*Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux de m'avoir donné la force, la santé et la patience et la capacité d'accomplir ce modeste travail, El Hamdoulillah.*

*Mes vifs remerciements et ma reconnaissance vont à Madame **Tabti Nassima** MCA au niveau de la faculté SNV/STU Université Aboubakr Belkaid Tlemcen, pour avoir accepté de m'encadrer dans cette étude. Je la remercie pour son implication, son soutien et ses encouragements tout au long de ce travail.*

*En second lieu, je tiens à exprimer mes remerciements à **Monsieur Morsli Mehdi**, doctorant en écologie animale à l'UABT, pour m'avoir aidé à chaque étape, notamment dans les travaux de laboratoire. Sa contribution experte et son dévouement ont été inestimables.*

*Je tiens également à exprimer ma reconnaissance envers **Madame Gaouar Nassira**, qui dirige l'équipe n°03 du laboratoire LECGEN, pour son soutien précieux. Merci pour votre appui.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Mme **Bouazza Hayet**, MCB à l'Université de Tlemcen, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant la présidence du jury.*

*Je souhaite exprimer ma sincère gratitude à **Kholkhal Wahiba** MAC de l'Université de Tlemcen, pour avoir accepté d'examiner et de juger mon travail. Soyez assurée de l'expression de notre profond respect.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements au **Professeur Ghanem**, Chef du laboratoire LASNABIO, pour son aide précieuse dans la réalisation d'une partie de mon travail de laboratoire. Votre contribution a été inestimable. Merci pour votre soutien.*

*Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

## *Dédicaces*

*Avec tous mes sentiments de respect, avec l'expérience de ma reconnaissance, je dédie ma remise de diplôme et ma joie*

*À mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allumer mon chemin, ma moitié, maman.*

*À celui qui m'a fait une femme, ma source de vie, d'amour et d'affection. à mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, à mon prince papa.*

*À ma chère petite sœur selsabil,*

*Ta lumière a illuminé chaque étape de ce parcours. Ton soutien et ta joie de vivre ont été des sources inépuisables d'inspiration et de motivation. Merci d'être toujours là pour moi. Je t'aime infiniment.*

*À mon cher frère islem,*

*Ta force et ta sagesse ont guidé chacun de mes pas. Ton soutien constant et ton amour fraternel ont été des piliers essentiels dans ce voyage. Merci d'être une ancre solide dans ma vie. Je te suis éternellement reconnaissante*

*À tous mes amis, en particulier Soumia , Manal et Mounia*

*Et tout qui m'aide et compulse ce mémoire.*

# SOMMAIRE

INTRODUCTION .....	1
<b>CHAPITRE 1 SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<i>1. DESCRIPTION DE LA PLANTE HOTE OPUNTIA FICUS INDICA L.</i> .....	2
1.1. DEFINITION .....	2
1.2. ORIGINE ET DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE .....	2
1.2.1. Origine.....	2
1.2.2. Distribution géographique.....	2
1.3. CLASSIFICATION SYSTEMATIQUE .....	3
1.5. EXIGENCE PEDOLOGIQUE.....	5
1.6. EXIGENCE CLIMATIQUE .....	5
1.7. IMPORTANCE ET UTILISATION.....	6
1.8.1. MALADIES CAUSEES PAR DES BACTERIES .....	7
1.8.2. Maladies causées par des virus.....	8
1.8.3. Maladies causées par des levures .....	8
1.8.4. Maladies causées par des champignons .....	8
1.8.5. Maladies causées par des insectes ravageurs.....	9
1.8.6. Désordres abiotiques .....	10
2. DESCRIPTION DE L'INSECTE RAVAGEUR ( <i>DACTYLOPIUS OPUNTIAE</i> ) .....	10
2.1. GENERALITES ET ORIGINE .....	10
2.1.2. Classification systématique de <i>Dactylopius opuntiae</i> .....	11
2.1.3. Cycle de vie de <i>Dactylopius opuntiae</i> .....	12
2.1.4. Utilités de <i>Dactylopius Opuntiae</i> .....	14
2.1.5. Dégâts en Algérie .....	14
2.1.6. Méthodes de lutte .....	15
2.2. SCHINUS MOLLE L .....	16
2.2.1. GENERALITE .....	16
2.2.3. Description morphologique .....	17
2.2.4. Effet de l'huile essentielle de schinus molle .....	18
2.2.5. Effet de la poudre de Schinus molle.....	19
2.2.6. Effet de l'hydrolat de Schinus molle .....	19
<b>CHAPITRE 2 MATERIEL ET METHODES</b>	
1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	20
1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION DE REMCHI .....	20
1.2. PEDOLOGIE .....	20
1.3. GEOLOGIE .....	20
1.4. HYDROLOGIE .....	21

2 ETUDES BIOCLIMATIQUES.....	21
2.1. LES PARAMETRES CLIMATOLOGIQUES .....	22
2.1.1. Précipitation.....	22
2.1.2. Température.....	22
2.1.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953).....	23
2.1.4. Climagramme d'EMBERGER .....	24
3 ETUDE ENTOMOLOGIQUE .....	25
4 EUDE PHYTOLOGIQUE .....	25
4.1. MATERIEL VEGETALE .....	25
4.2. PROCEDE D'EXTRACTION DE L'HUILE ESSENTIEL.....	26
4.3. CONSERVATION DES HUILES ESSENTIELLES .....	27
4.4. CONSERVATIONS D'HYDROLAT .....	27
4.5. DETERMINATION DU RENDEMENT EN HUILES ESSENTIELLES .....	28
4.6. METHODES D'OBTENTION DE LA POUDRE .....	28
5 METHODE DE LA LUTTE BIOLOGIQUE PAR L'HUILE ESSENTIELLE, HYDROLAT ET LA POUDRE DE <i>SCHINUS MOLLE</i> .....	29
5.1 MATIERES VEGETALES .....	29
5.2 PRODUIT CHIMIQUE .....	29
5.3 MATERIEL UTILISE .....	29
6. METHODE DE LUTTE NATURELLE .....	30
6.1 LUTTE PAR LA POUDRE DE <i>SCHINUS MOLLEE</i> .....	30
6.2 LUTTE PAR HUILE ESSENTIELLE DE <i>SCHINUS MOLLE</i> .....	31
6.3 LUTTE PAR HYDROLAT DE <i>SCHINUS MOLLE</i> .....	32
<b>CHAPITRS 3 RESULTATS ET DISCUSSION</b>	
1 ETUDE PHYTOCHIMIQUE.....	33
1.1. CARACTERISTIQUES DE L'HUILE ESSENTIELLE.....	33
1.2. RENDEMENT EN HUILE ESSENTIELLE .....	34
2 ACTIVITE INSECTICIDE DE L'HUILE ESSENTIELLE DE <i>SCHINUS MOLLE</i> SUR <i>DACTYLOPIUS OPUNTIAE</i> .....	35
2.1. CALCUL DES TAUX DE MORTALITE DE <i>DACTYLOPIUS OPUNTIAE</i> .....	35
2.1.1. Par contact .....	35
2.1.2. Par inhalation.....	38
2.1.3. Comparaison de l'effet insecticide de l'huile essentielle de schinus molle dans la lutte contre Dactylopius opuntiae par contact et par inhalation .....	42
2.1.4. Estimations de la dose létale.....	43
2.1.5. Discussion .....	44

3 ACTIVITE INSECTICIDE D'HYDROLATS DE <i>SCHINUS MOLLE</i> SUR <i>DACTYLOPIUS</i> <i>OPUNTIAE</i> .....	44
4 ACTIVITE INSECTICIDES DE LA POUDRE VEGETALE DE <i>SCHINUS MOLLE</i> SUR <i>DACTYLOPIUS OPUNTIAE</i> .....	47
5 DISCUSSION .....	49
CONCLUSION .....	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
REFERENCE .....	51

## Listes des figures

<b>Figure 1</b> : Distribution mondiale d' <i>Opuntia ficus indica</i> (Bennatia, 2017).....	3
<b>Figure 2</b> : Photo de l' <i>Opuntia ficus indica</i> (Benattia, 2017) .....	4
<b>Figure 3</b> : Champs de figuier de Barbarie infecté par <i>Dactylopius opuntiae</i> dans la région de Remchi (Original, 2024). .....	10
<b>Figure 4</b> : Cladode d' <i>Opuntia ficus indica</i> touché par <i>Dactylopius opuntiae</i> (Original, 2024).....	
<b>Figure 5</b> : Adulte femelle de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Original, 2024) .....	11
<b>Figure 6</b> : Cycle de vie de <i>Dactylopius opuntia</i> (Vanegas Rico, 2009). .....	13
<b>Figure 7</b> : Aspect visuel (poudre) et structure moléculaire de l'acide carminique (acide 7- Dglucopyranosyl-3,5,6,8-tétra-hydroxy-1-méthyl-9,10-dioxo-anthracène-2-carboxylique) (web1).....	14
<b>Figure 8</b> : <i>Schinus molle</i> (Original, 2024).....	17
<b>Figure 9</b> : Morphologie externe de <i>Schinus molle</i> (Original, 2024) a- le tronc de <i>Schinus</i> <i>molle</i> , b- les feuille, c- les fleurs, d- le fruit. ....	18
<b>Figure 10</b> : Situation géographique de Remchi (Google maps, 2024) .....	20
<b>Figure 11</b> : Diagramme de la variation des précipitations moyennes mensuelles de la station de Zenata (2013-2023) .....	22
<b>Figure 12</b> : Climagramme de la variation des températures moyenne, minimales et maximales de la station de Zenata (2013-2023) .....	23
<b>Figure 13</b> : Diagramme ombrothermique de bagnoules et gousse de la station de Zenata (2013-2023).....	24
<b>Figure 14</b> : Climagramme d'Emberger de la station de zenata (2013-2023) .....	25
<b>Figure 15</b> : Montage de l'hydrodistillation type Clevenger (Original, 2024) .....	26
.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 17</b> : Conservations des huiles essentielles (Original, 2024) .....	27
<b>Figure 18</b> : Conservations d'hydrolat (Original, 2024).....	28
<b>Figure 19</b> : Détermination de Rendement (Original, 2024) .....	28
<b>Figure 20</b> : Méthodes d'obtention de la poudre (Original, 2024) .....	29
<b>Figure 21</b> : Matériel Utilisé (Original, 2024) .....	30
<b>Figure 22</b> : Traitement par la poudre (original, 2024).....	30
<b>Figure 23</b> : Traitement par Huile essentielle la méthode par contact (Original, 2024) .....	31
<b>Figure 24</b> : Traitement par Huile essentielle la méthode par inhalation (Original, 2024) ....	31

## Listes des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Utilisations d' <i>Opuntia ficus indica</i> (Inglese et al., 1995) .....	7
<b>Tableau 2</b> : Les champignons phytopathogènes du <i>Opuntia ficus indica</i> (Inglese, 2018) .....	9
<b>Tableau 3</b> : insectes ravageurs d' <i>Opuntia</i> .....	9
<b>Tableau 4</b> : les données géographiques de la station météorologique de Zenata (Google Earth, 2024).....	21
<b>Tableau 5</b> : Précipitations moyennes mensuelles de la station de Zenata (2013-2023).....	22
<b>Tableau 06</b> : Températures moyennes mensuelles, maximales et minimales de la station de Zenata (2013-2023) .....	23
<b>Tableau 7</b> : Calculs de Q2 de station d'étude.....	24
<b>Tableau 8</b> : les coordonnées géographiques de station de récolte (Google Earth, 2024). .....	25
<b>Tableau 9</b> : Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle de <i>Schinus molle</i> .....	33
<b>Tableau 10</b> : Rendement en huile essentielle de la plante sèche.....	34
<b>Tableau 11</b> : Rendement en huile essentielle de la plante fraîche .....	34
<b>Tableau 12</b> : Activité insecticide de l'huile essentielle de <i>Schinus molle</i> par contact .....	36
<b>Tableau 13</b> : la moyenne de mortalité par huile essentielle de <i>Schinus molle</i> par contact.....	37
<b>Tableau 14</b> : Activité insecticide de l'huile essentielle de <i>Schinus molle</i> par inhalation.....	38
<b>Tableau 15</b> : la moyenne de mortalité par huile essentielle de <i>Schinus molle</i> par inhalation .	40
<b>Tableau 16</b> : Valeurs estimées des concentrations létales pour <i>Dactylopius opuntiae</i> de <i>Schinus molle</i> .....	43
<b>Tableau 17</b> :Activité insecticide d'hydrolats de <i>Schinus molle</i> sur <i>Dactylopius opuntiae</i> .....	45
<b>Tableau 18</b> : la moyenne de mortalité par hydrolats de <i>Schinus molle</i> par contact .....	46
<b>Tableau 19</b> : Activité insecticides de la poudre de <i>Schinus molle</i> .....	47
<b>Tableau 20</b> : la moyenne de mortalité par la poudre végétale de <i>Schinus molle</i> par contact..	48

# *Introduction*

L'agriculture en Algérie est un secteur économique crucial pour le pays. Malgré les efforts considérables déployés pour la développer, ce secteur est confronté à une problématique majeure l'attaque des champs cultivés par des insectes ravageurs et des phytopathogènes. Ces attaques causent de sérieux dégâts aux cultures de plantes économiquement importantes (INPV, 2023). Parmi les espèces végétales affectées, le figuier de Barbarie « *Opuntia ficus indica* » est actuellement menacé par l'infestation de la cochenille du carmin « *Dactylopius opuntiae* ».

*Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896), est un ravageur dévastateur des plantations d'*Opuntia ficus indica*. Cette espèce vit à la surface du cactus, habituellement en agrégats ou en colonies composées d'individus à différents stades du développement, installées à la base des épines. Tous les dégâts d'alimentation sont causés par les femelles et les nymphes car elles aspirent la sève par leurs pièces buccales suceuses (FAO, 2018). En Afrique, cette cochenille a été détectée pour la première fois en 2015 au Maroc (Bouharroud *et al.*, 2016).

L'introduction de *Dactylopius opuntiae* en Algérie est récente et demeure localisée dans la partie Nord-ouest. Cette bio-invasion qui proviendrait du Maroc est considérée comme naturelle (vent, oiseaux...) (El Bouhissi *et al.*, 2022).

En conséquence, les autorités locales doivent mettre en place en urgence des stratégies de lutte afin de limiter ou de contrer la propagation de ce ravageur en particulier dans les nouvelles zones détectées.

Dans le but de trouver une alternative aux différentes méthodes de lutte, nous avons choisi l'huile essentielle de l'épèce végétale *Schinus molle* comme moyen de lutte naturelle pour évaluer ses effets insecticides sur *Dactylopius opuntiae*, le ravageur majeur de l'*Opuntia ficus indica* en Algérie.

L'objectif de cette étude est de déterminer l'efficacité de l'huile essentielle de *Schinus molle* dans le contrôle de *Dactylopius opuntiae* et d'explorer son potentiel en tant qu'agent de lutte alternative. Cette recherche vise à offrir des solutions pratiques aux agriculteurs algériens, les aidant à protéger leurs cultures d'*Opuntia ficus indica* de manière plus écologique et durable, afin d'éviter l'utilisation des pesticides chimiques.

# ***CHAPITRE I***

## ***Synthèse bibliographique***

## 1. Description de la plante hôte *Opuntia Ficus Indica* L.

### 1.1. Définition

*Opuntia ficus indica* appartient à la famille des Cactacées, est également connu sous le nom du figuier de Barbarie ou de cactus nopal (**Sabtain et al., 2021**).

Le pied d'*Opuntia ficus indica* (L.) contient des cladodes et des fleurs qui donnent des fruits. Ces derniers sont consommés par les humains. Les cladodes sont broyées et utilisées comme aliments pour les animaux de ferme. *Opuntia ficus-indica* est employé aussi en médecine populaire grâce à ses propriétés nutritionnelles et thérapeutiques (**Scarano et al., 2020**).

En effet, il est utilisé pour traiter le diabète, les brûlures, l'asthme bronchique et l'indigestion dans de nombreux pays du monde en raison des effets antioxydants puissants de ses fruits (**Akkol et al., 2020**).

Le figuier de Barbarie est connu sous plusieurs noms vernaculaires dans le monde :

En Mexique : Nopal, vient du mot nochtli en nahuatl, langue classique des Aztèques.

En anglais : prickly pear, indian-fig, barbary-fig, tuna-cactus.

En français : nopal, figuier d'inde, figuier de Barbarie.

En arabe : التين الشوكي (**Ait Ammar et al., 2022**)

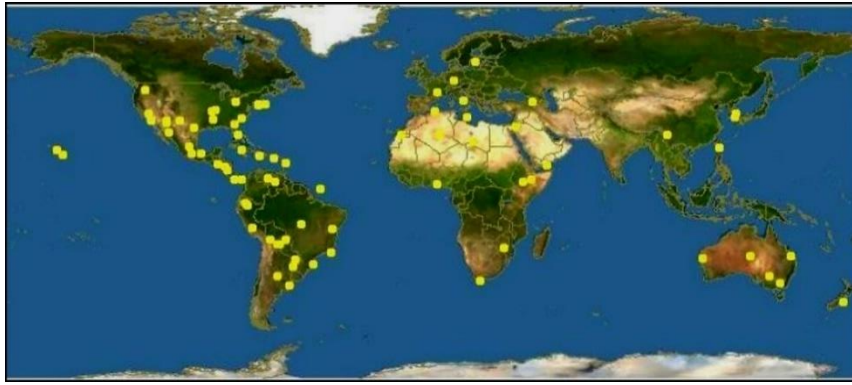
### 1.2. Origine et distribution géographique

#### 1.2.1. Origine

Originaire du Mexique, pousse à l'état sauvage dans les régions arides et semi-arides d'Amérique du Sud et d'Amérique centrale, d'Afrique et de la région méditerranéenne (**Aragona et al., 2018**).

#### 1.2.2. Distribution géographique

Sa distribution géographique est très large : Mexique, Sicile, Chili, Brésil, Turquie, Corée, Palestine, Argentine et Afrique du Nord. Il a été introduit d'abord en Espagne et plus tard au 16<sup>e</sup> siècle au Nord et au Sud de l'Afrique. Il s'est diffusé rapidement dans le bassin méditerranéen et s'y est naturalisé au point de devenir un élément caractéristique du paysage. Il est par essence développé sur la partie Ouest de la Méditerranée : Sud de l'Espagne, le Portugal et l'Afrique du Nord (Tunisie, Algérie et Maroc) (**Neffar, 2012**).



**Figure 1** : Distribution mondiale d'*Opuntia ficus indica* (Bennatia, 2017)

### 1.3. Classification Systématique

Le figuier de Barbarie est une espèce xérophile qui, selon les conventions actuellement en cours de révision, appartient à la nouvelle famille des Opuntiacees (Cactacées). Cette famille est composée de 26 à 160 genres et de 1 500 à 2 000 espèces originaires d'Amérique du Nord, principalement du Mexique et le genre typique est *Opuntia* (Arba, 2022).

Ci-dessous la classification et la position systématique du figuier de Barbarie (Ait Ammar *et al.*, 2022) :

**Règne** : Plantae

**Sous règne** : Tracheobionta

**Embranchement** : Phanérogame

**Sous-embranchement** : Magnoliophyta

**Classe** : Magnoliopsida

**Sous-classe** : Caryophyllida

**Ordre** : Opuntiales

**Famille** : Cactaceae

**Sous-famille** : Opuntioideae

**Tribu** : Opuntieae

**Genre** : *Opuntia*

**Espèce**: *Opuntia ficus indica* (L.)

### 1.4. Description morphologique

L'une des caractéristiques les plus frappantes d'*Opuntia* est son anatomie et sa morphologie, qui lui ont permis de s'adapter à de nombreuses conditions de croissance extrêmement stressantes, ce qui signifie que la plante peut être une option viable dans les régions où d'autres plantes ne survivront pas (Mazari *et al.*, 2021).



**Figure 2 :** Photo de l'*Opuntia ficus indica* (Benattia, 2017)  
a- Figuier de Barbarie ; b- Cladodes ; c- Fleur ; d- Fruits

Le figuier de Barbarie est une plante grasses épineuse, arborescente et xérophile, pouvant atteindre 4 à 5 m de hauteur. Leurs tiges, appelées cladodes, ou plus simplement raquettes, ont été modifiées au cours de l'évolution, pour assurer les fonctions d'une feuille et notamment, devenir le siège de la photosynthèse. La plupart des espèces du genre *Opuntia* possèdent des raquettes ovales et aplaties, munies de nombreuses épines ou glochides. Les fleurs sont hermaphrodites et leur couleur peut varier du jaune au rouge. Les fruits sont des baies charnues ovoïdes ou piriformes, de dimension comprise entre 5 et 10 cm, et généralement pourvus d'épines. La pulpe est toujours juteuse, de couleur verte, jaune-orangé, rouge ou pourpre et contient de nombreuses graines (Inglese, 2018).

**Le système racinaire** est constitué de racines charnues, peu profondes, à distribution horizontale, dont la répartition peut dépendre du sol et de la gestion des cultures. Elles se distinguent des autres plantes par leurs caractéristiques xéromorphes qui leur permettent de survivre pendant de longues périodes de sécheresse (De Oliveira *et al.*, 2010).

**Les tiges** aplaties ou les cladodes sont de 30 à 40 cm de long sur 15 à 25 cm de large et de 1,5 à 3 cm d'épaisseur, sont en forme de « raquettes » reliées les unes aux autres (Ghédira *et al.*, 2018).

**Les Fleurs** apparaissent sur la moitié supérieure de la cladode, leur nombre peut atteindre jusqu'à 25 ou plus et la plupart d'entre elles (90-95%) se transforment en fruits. Les fleurs sont généralement grandes et naissent individuellement sur les aréoles. Le périanthe est formé d'un calice à sépales et d'une corolle à pétales et les étamines sont nombreuses (Arba, 2022).

**Le fruit** au goût sucré, juteux est comestible, ce dernier mesure de 5 à 10 cm de long et de 4 à 8 cm de large, sa couleur varie du jaune à l'orange et au rouge, sa pulpe est abondante et sa coquille est fine (De Oliveira *et al.*, 2010).

**Les graines** sont dures, indigestes mais riches en vitamines. On en obtient, après préparation, une huile très recherchée et une farine nourrissante (Aoued *et al.*, 2020). Les pépins d'*Opuntia ficus indica* peuvent jouer un rôle clé dans la détermination de la valeur du fruit entier (Chaalal *et al.*, 2012).

### 1.5. Exigence pédologique

*Opuntia ficus indica* est une plante succulente, xérophyte qui résiste à la sécheresse grâce à ses caractéristiques morphologiques lui permettant d'emmagasiner une grande quantité d'eau. La nature des sols et leur niveau de drainage constituent également un facteur limitant le développement du cactus. Du point de vue pédologique, ce cactus se développe sur des terrains non hydromorphes. Les sols préférés par cette culture sont des sols légers, sablo-limoneux mais l'espèce peut être aussi rencontrée sur des sols calcaires (Faouzi, 2015).

L'espèce présente une large faculté d'adaptation avec une préférence pour les sols très perméables, sableux ou caillouteux et à faible taux d'argiles (< 20%). Il redoute des sols lourds et mal drainés. Il supporte aussi bien les sols acides que les sols très calcaires, voire salins (moins de 70 mol de NaCl/cm<sup>3</sup>) (Boutakiout, 2015).

### 1.6. Exigence climatique

L'amplitude thermique de cette espèce est de 6 à 36°C, avec un optimum entre 15 et 19°C. L'*Opuntia* peut supporter des températures allant jusqu'à 65°C pendant une heure. En revanche, cette espèce meurt à des températures de -5 à -8°C. En outre, il a besoin de précipitations comprises entre 200 et 750 mm par an, l'optimum se situant entre 350 et 700 mm. En effet, dans la zone d'origine de la poire de cactus, sur les hauts plateaux centraux du Mexique (altitude comprise entre 1 800 et 2 200 m), les précipitations sont inférieures à 500 mm, la température annuelle moyenne varie entre 16 et 18°C et la température diurne maximale du mois le plus chaud ne dépasse pas 35°C (Medina *et al.*, 2021)

L'humidité atmosphérique, en cas de grand déficit de saturation de l'atmosphère (humidité relative basse) affecte, également les espèces d'*Opuntia*. Les observations empiriques ont démontré que le figuier de Barbarie ne peut pas survivre dans des régions où la moyenne relative de l'humidité est au-dessous de 40% pour plus de trente jours consécutifs. Le

cactus peut croître dans des régions arides et semi-arides de l'Afrique du Nord et du Proche Orient où les moyennes annuelles de l'humidité relative et la moyenne du déficit de saturation sont au-dessus de 60% et sous 12% (**Boutakiout, 2015**).

### **1.7. Importance et utilisation**

Le nopal est l'espèce de cactus la plus importante cultivée dans le monde entier, avec la plus grande importance économique de son utilisation comme aliment et comme fourrage, ainsi que de son potentiel nutraceutique (**Angulo-Bejarano et al., 2014**). C'est une culture polyvalente qui fournit, non seulement des denrées alimentaires et des aliments pour animaux, mais qui est également une source de substances bénéfiques pour la santé qui peuvent être considérées comme solution préventive ou remèdes naturels contre de nombreuses maladies (**Albuquerque et al., 2020**).

Le cactus *Opuntia ficus indica*, est exploité dans le domaine cosmétique. Ainsi, les Raquettes de cactus sont utilisées dans la fabrication des shampoings et assouplissants pour les Cheveux, des crèmes hydratantes et des baumes, leur huile est utilisé comme des préparations Anti-âges et anti-rides naturels comme des sérums et crèmes dermiques (**Barka, et al., 2013**).

*Opuntia ficus indica* est largement comme clôture ou haie et comme bois de chauffage, pour lutter contre l'érosion, le cloisonnement des pentes ou l'obstacle au ruissellement ou les zones soumises à l'érosion éolienne de réhabiliter les paysages dégradés en Algérie en plantant des espèces sur des pentes pierreuses et rocheuses (**Mdweshu et al., 2020**).

Les propriétés bénéfiques de cette plante, déjà connues par les civilisations anciennes, suscitent un intérêt croissant au sein de la communauté scientifique (**Albuquerque et al., 2020**).

Le tableau 1 présente les différentes utilisations d'*Opuntia ficus indica* :

**Tableau 1** : Utilisations d'*Opuntia ficus indica* (Inglese et al., 1995)

Aires commerciales	Usage spécifique
Production alimentaire	Fruits Nopalitos Jus de fruits Huile extraite des graines Miel de tuna Gelées et marmelades
Alimentation du bétail	Fourrage Déchets de fruits
Usage médicaux	Fleurs pour les diurétiques Cladodes pour le diabète Mucilages
Usages agronomique	Fixation du sol Paillage du sol Alimentation en eau du sol Haies Brise-vent
Usage des colorants	Acide carminique (colorant rouge de Cochenille )

## 1.8. Les maladies d'*opuntia*

### 1.8.1. Maladies causées par des bactéries

La bactérie *Erwinia carotovora* est un agent pathogène qui provoque une pourriture sèche caractéristique des cladodes. Les symptômes apparaissent sur les cladodes sous forme de taches imbibées d'eau au printemps ; elles s'unissent ensuite, s'assombrissent et deviennent ensuite noires. Les tissus parenchymateux sous le tégument deviennent bruns puis noirs. Les tissus infectés superficiels se dessèchent, se transforment ensuite en croûte et se fissurent fréquemment. La maladie est présente en Italie, au Chili, au Mexique et en Argentine (**Granata et sidoti, 2002**).

La bactérie *Agrobacterium tumefaciens* est responsable de la maladie appelée galle du collet. Ces galles se caractérisent par des excroissances végétales et ceci à la base des racines ou au niveau du collet (partie comprise entre les racines et la tige) lorsque la plante est touchée (**Mary et Baron, 2019**). Cette maladie a été détectée au Mexique (**Granata et sidoti, 2002**).

### 1.8.2. Maladies causées par des virus

L'épaississement des cladodes est la première altération remarquée, cette anomalie a été signalée pour la première fois au Mexique. Elle a été détectée aussi en Argentine, au Chili, en Italie et en Afrique du Sud. Les symptômes caractéristiques sont un retard de croissance, un élargissement des cladodes et une perte de couleur verte. La production de fleurs est réduite et les fleurs sont portées principalement sur la surface plate des cladodes, au lieu de la marge externe. Les plantes présentent une mauvaise nouaison et les fruits sont peu nombreux et petits (Granata et sidoti, 2002).

### 1.8.3. Maladies causées par des levures

L'espèce *Candida boidinii* est une levure qui cause la maladie nommée pourriture molle des cladodes et qui est fréquemment associée à une tache bactérienne. Cet agent pathogène est le plus actif à des températures comprises entre 20 et 35°C. Les premiers symptômes sont des zones noires causées par l'infection interne des tissus sur les cladodes et les fruits, suivies d'une pourriture interne des tissus, après quoi la plante devient une masse déliquescence. Toute la surface des cladodes noircit, mais les tissus externes ne pourrissent pas et les cladodes ressemblent alors à un sac à main mou contenant un liquide nauséabond. La lutte est plus efficace lorsque les cladodes infectés sont enlevés et détruits, puis traités avec de la bouillie bordelaise à 1 %. Les traitements utilisés contre les maladies bactériennes, telles que la tache bactérienne, sont également efficaces (Zimmermann et Granata, 2002).

### 1.8.4. Maladies causées par des champignons

Les champignons sont les agents pathogènes les plus courants dans le monde végétal, y compris chez les Cactacées. Les champignons parasitent la plante hôte et sont caractérisés par un stade végétatif constitué de mycélium (hyphes) qui assure leur croissance. Les hyphes produisent des spores par processus agamiques ou des conidies. Les spores et les conidies sont des formes de propagation qui permettent la diffusion des champignons dans l'environnement (Nobel, 2002). Le tableau 2 montre les principaux champignons qui attaquent *Opuntia ficus indica* :

**Tableau 2** : Les champignons phytopathogènes d'*Opuntia ficus indica* (Inglese, 2018)

Champignon	Effets sur <i>Opuntia ficus indica</i>	Distribution
<i>Armillaria mellea</i>	Pourriture des racines et des tiges	Italie, Etats-Unis d'Amérique
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Marques brun-foncé qui habituellement commencent sur les bords de la raquette et s'étendent ensuite sur toute la raquette	Brésil, Corée, Mexique
<i>Macrophomina phaseolina</i>	Pourriture molle brune ayant pour origine la portion proximale et s'étendant au fruit entier après la récolte	Italie, Mexique, Brésil
<i>Aecidium opuntiae</i> Magn	Maladie causée par <i>Puccinia opuntiae</i> , qui produit des pustules jaune-orange sur la surface des cladodes ou des fruits.	Bolivie, Italie, Pérou
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Pourriture blanche sur les cladodes. Apparition des sclérotés noirs sur les tissus pourris.	Chili, Mexique.
<i>Fusarium oxysporum</i>	Pourriture racinaire avec une décoloration rouge intense des tissus affectés.	Brésil, Italie
<i>Botrytis cinerea</i>	Pourriture des fruits. Décomposition des tissus internes.	Italie
<i>Alternaria spp</i>	Apparition des points chlorotiques circulaires autour des épines ou des blessures sur les cladodes ou les fruits.	Argentine, Italie, Brésil, Egypte, Mexique, Afrique du Sud.

### 1.8.5. Maladies causées par des insectes ravageurs

Plus de 160 espèces d'insectes peuvent être nuisibles aux cactus. Ces insectes ont développé des adaptations spécifiques pour se nourrir des différentes parties des cactus, avec 75% d'entre eux se nourrissant de l'intérieur de la plante. Les dommages causés par ces insectes peuvent affecter la quantité et la qualité de la récolte ainsi que la durée de vie productive des cactus (Inglese, 2018).

D'après les informations représentées dans le tableau 3, il est évident qu'*Opuntia ficus indica* offre un habitat favorable et constitue une source de nourriture pour de nombreux ravageurs mais la cochenille *Dactylopius opuntiae* est le ravageur le plus nocif pour les cactus partout dans le monde, y compris dans notre pays (Figure 3).

**Tableau 3 :** Insectes ravageurs d'*Opuntia ficus indica*

Insecte ravageur	Effets sur <i>Opuntia ficus indica</i>	Références
<i>Dactylopius opuntiae</i>	les dommages causés par ces espèces sont la chlorose des cladodes et des fruits.	(Vanegas-Rico <i>et al.</i> , 2010)
<i>Olycella nephelepasa</i>	vivent entièrement à l'intérieur de la plante et produisent une section bombée qui apparaît sur la partie extérieure de la zone affectée de la tige.	(Badii et Flores, 2001).
<i>Moneilema variolaris</i> <i>Thompson</i>	Les larves percent les tiges de la plante, ce qui entraîne une perte de vigueur et, parfois, la mort de la plante.	(Badii et Flores, 2001).
<i>Hesperolabops gelastops</i>	a le potentiel le plus élevé pour engendrer des dommages parce qu'il forme de plus grandes populations, se nourrit sur les cladodes et les fruits.	(Inglese, 2018)

**Figure 3 :** Champs de figuier de Barbarie infecté par *Dactylopius opuntiae* dans la région de Remchi (Original, 2024).

### 1.8.6. Désordres abiotiques

Le figuier de Barbarie est principalement vulnérable aux effets néfastes du froid et de la grêle, qui représentent les principaux facteurs de dommages pour cette plante. Les températures inférieures à -5°C peuvent causer des dommages significatifs, affectant tant la qualité que le rendement des cultures. Les fruits en maturation sont particulièrement sensibles, développant des taches nécrotiques sur l'écorce en réponse au froid (Inglese, 2018).

## 2. Description de l'insecte ravageur (*Dactylopius opuntiae*)

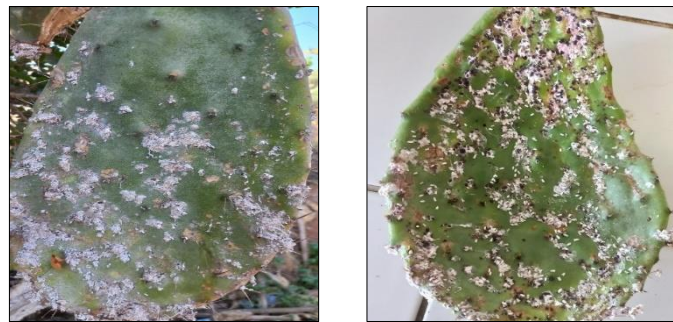
### 2.1. Généralités et origine

*Dactylopius opuntiae*, connu sous le nom de cochenille d'Opuntia, a été décrit par Cockerell en 1896 au Mexique (De Lotto, 1974). C'est une espèce présente également en Australie, en Inde, en Afrique du Sud, en France, au Kenya, à Madagascar, au Pakistan, au Sri Lanka, aux États-Unis (Gonçalves Diniz *et al.*, 2020).

Les cochenilles vivent à la surface du cactus, habituellement en agrégats ou en colonies composées d'individus à différents stades de développement, installées à la base des épines **(Inglese et al., 2018)**.

*Dactylopius opuntiae* est un ravageur envahissant du figuier de Barbarie **(El Aalaoui et al., 2022)**. Se nourrit directement de la poire de cactus et exclusivement de la sève du phloème, provoquant la chlorose et la chute prématurée des cladodes et des fruits et, en cas d'infestation grave (plus de 50 % de la surface des cladodes), peut entraîner la mort de la plante hôte **(El Aalaoui et al., 2019)**.

La cochenille cotonneuse est facilement reconnaissable : de grandes masses laineuses de cire blanche couvrent leur corps et quand elles sont écrasées, la couleur cramoisie brillante de leurs fluides corporels s'échappe et contraste avec la couleur cotonneuse **(Inglese et al., 2018)**.



**Figure 4 :** Cladode d'*Opuntia ficus indica* touché par *Dactylopius opuntiae* **(Original, 2024)**



**Figure 5 :** Adulte femelle de *Dactylopius opuntiae* **(Original, 2024)**

### 2.1.2. Classification systématique de *Dactylopius opuntiae*

**Règne :** Animal

**Embranchement :** Arthropoda

**Sous-embranchement :** Hexapoda

**Classe :** Insecta

**Ordre :** Hemiptera

**Sous-ordre :** Stenorrhyncha

**Superfamille :** Coccoidea

**Famille :** Dactylopius

**Espèce :** *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896)

### 2.1.3. Cycle de vie de *Dactylopius opuntiae*

*Dactylopius opuntiae* préfère les régions semi-arides en raison du risque posé par les basses températures et la pluie, ce qui ralentit son cycle de vie. Les femelles sont parthénogénèses et n'ont pas besoin du mâle pour s'accoupler et pour se reproduire. Leur taille varie entre 4 et 6 mm, attachées aux cladodes et recouvertes de fils cireux qui protègent leur corps de la pluie et du soleil et réduisent aussi l'efficacité de la lutte chimique. Alors que les mâles sont plus petits et mobiles grâce à leurs ailes (**Ezzahraa, 2022**).

Les femelles diffèrent des mâles par leur cycle de vie, tandis que les femelles présentent trois stades : œuf, nymphe (I et II) et adulte, les mâles par leurs certains ont cinq stades : œuf, nymphe (I et II), pré-pupa, pupa et adulte (**Vanegas Rico, 2009**).

#### - **Œufs :**

Les œufs pondus par *D. opuntiae* sont de couleur rouge (pourpre) avec une texture lisse et brillante et une forme ovale. Les œufs sont pondus individuellement mais restent attachés à l'abdomen de la femelle par le coton cireux. Les œufs ont une période d'incubation moyenne de 22/25 heures.

#### - **Nymphes du 1<sup>er</sup> stade :**

Les nymphes du 1<sup>er</sup> stade nouvellement éclos sont petits et de couleur rouge. Après l'éclosion, les nymphes de 1<sup>er</sup> stade restent dans les mailles de filaments cireux pendant quelques minutes à quelques heures avant de se défaire et se déplacer à la recherche de sites de décantation et d'alimentation appropriés. La plupart des nymphes de 1<sup>er</sup> stade préfèrent s'installer à la base des épines et à l'abri de la lumière. La durée moyenne du 1<sup>er</sup> stade nymphe (c. à-d. le temps entre

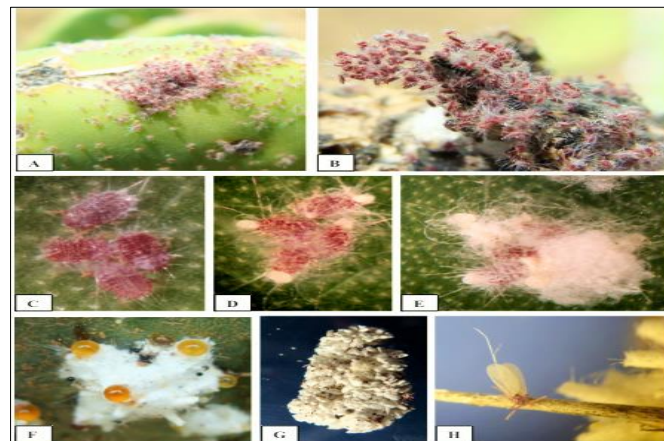
l'éclosion et la première mue) est de 14 jours. Plus de 90% des nymphes arrivent à la mue entre 11 à 16 jours et seulement quelques individus (< 2%) ont un temps de développement plus long.

- **Nymphes du 2ème stade :**

Le dimorphisme sexuel devient apparent au 2ème stade. Ainsi, les mâles développent de longs filaments vitreux sur l'abdomen du côté postérieur seulement, tandis que les femelles présentent de plus longs filaments visibles sur la face dorsale du corps antérieurement et postérieurement. La durée du 2ème stade (de la première mue au début de la pupaison) est en moyenne de 11 jours.

Le filage d'un cocon blanc commence peu après la fixation de la nymphe du 2ème stade à un substrat approprié et s'achève en 2-3 jours. La période de pupaison dure environ 10 jours, à la fin de laquelle un mâle rouge aux ailes blanches émerge (FAO, 2018).

Cet insecte est également connu pour avoir une fécondité élevée, avec une moyenne de 150-160 œufs par femelle. Le cycle de vie de la femelle varie de 90 à 128 jours ; elle vit en permanence attachée à la plante hôte et produit une couverture cireuse et cotonneuse qui protège son corps contre les prédateurs et réduit l'efficacité de la lutte chimique (El Aalaoui *et al.*, 2019).



**Figure 6 :** Cycle de vie de *Dactylopius opuntia* (Vanegas Rico, 2009).

A) Concentration de nymphes I dans la partie apicale du cladode. B) Moment de dispersion des nymphes. H) Stades de *D. opuntiae* en conditions de laboratoire, suivi pendant un mois et demi. C) nymphes I de *D. opuntiae* D) développement de la cire, nymphes au stade intermédiaire I et II. E) Nymphes II, développement de cire. F) Femelles matures G) colonie de cochenilles avec des cocons de mâles au-dessus des femelles. H) Mâle de *D. opuntiae*.

#### 2.1.4. Utilités de *Dactylopius Opuntiae*

Les cochenilles, principale source d'acide carminique, une molécule de glycoside-anthraquinone (Vera-Ponce de León *et al.*, 2016). Le colorant Dactylopius est utilisé depuis des siècles dans les textiles, la médecine traditionnelle et les peintures murales et, plus récemment, dans les cosmétiques, les produits pharmaceutiques et l'alimentation (Chávez-Moreno *et al.*, 2010).



**Figure 7 :** Aspect visuel (poudre) et structure moléculaire de l'acide carminique (acide 7-Dglucopyranosyl-3,5,6,8-tétra-hydroxy-1-méthyl-9,10-dioxo-anthracène-2-carboxylique) (web1)

#### 2.1.5. Dégâts en Algérie

Le *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera : Dactylopiidae) est le coccoïde le plus nuisible et le plus largement répandu dans le monde qui affecte le cactus vert et d'autres espèces de cactus cultivés, sauvages et ornementaux. Ce ravageur provoque la chlorose des tissus des fruits et des cladodes, ce qui accélère leur développement, dans les populations élevées, provoquant la mort de la plante (Vanegas *et al.*, 2010).

Cette espèce de cochenille a également été observée en Algérie pour la première fois, notamment dans plusieurs localités de la région de Tlemcen, située dans le nord-ouest du pays. Le degré d'infestation de cette cochenille atteint un niveau alarmant, entraînant non seulement des dommages sur les fruits, mais également un risque de mortalité complet des plantes attaquées.

Le taux d'infestation de *Dactylopius opuntiae* sur le figuier de barbarie varie selon les localités de la région de Tlemcen. Certains sites montrent une infestation élevée, tandis que d'autres présentent un niveau faible ou moyen d'infestation. Ceux-ci peuvent nécessiter des mesures de gestion différentes en fonction de leur gravité (El Bouhissi *et al.*, 2022).

### 2.1.6. Méthodes de lutte

La lutte contre les dégâts causés par *Dactylopius opuntia* nécessite une approche progressive en prenant en considération les effets néfastes sur l'environnement et la biodiversité. Cette approche implique la lutte physique et la lutte chimique et la lutte biologique, soit en utilisant des biopesticides, soit en utilisant des auxiliaires.

#### - Lutte mécaniques

En ce qui concerne la lutte mécanique, elle doit être effectuée dès le début de l'attaque du ravageur. Par exemple, il est suggéré d'éliminer les femelles ou les colonies cotonneuses en passant un balai ou une brosse à poils fermes (**Cobix Herrera, 2023**), ou coupe de cladodes infestés, même s'il est reconnu qu'elle est laborieuse (**Delgadillo et al., 2008**).

- **Lutte chimique** : Les insecticides utilisés pour lutter contre ce ravageur comprennent l'azinphosméthyl, l'endosulfan, le malathion et le folidol (**Badii et Flores, 2001**). Le Chlorpyrifos est le plus fréquemment utilisé dans la lutte en Afrique du Sud. Est un pesticide organophosphoré employé pour combattre les ravageurs des cultures (**Barr et Angerer Jürgen, 2006**).

L'acétamipride est un insecticide néonicotinoïde utilisé pour lutter contre les espèces d'hémiptères, de lépidoptères et de thysanoptères (**Yao et al., 2006**).

Ces substances chimiques sont des insecticides de la famille des organophosphorés, qui nuisent à l'environnement et à l'écosystème. Ces substances sont des agents neurotoxiques qui bloquent l'activité de l'acétylcholinestérase dans les cellules nerveuses chez les insectes et les êtres humains (**Jurewicz et Hanke, 2008**).

- **Lutte biologique** : Par les insectes auxiliaires : Il y a des études et des propositions sur la lutte biologique avec les ennemis naturels de cet insecte qui ont été développées au Mexique et dans le monde. Les ennemis naturels de *Dactylopius opuntiae* ne sont que des prédateurs.

Le Mexique est le pays avec le plus grand nombre d'espèces ennemies naturelles recensées (13 espèces d'insectes dans des familles différentes), mais trois d'entre elles ils sont considérés comme les plus importants parce que de leur fréquence, abondance, spécificité, voracité, et d'autres caractéristiques biologiques et éthologiques. Ces espèces sont *Leucopis bellula* Williston (Diptères : Chamaemyiidae), *Hyperaspis trifurcata* Schaeffer (Coléoptères : Coccinellidae) et *Laetilia coccidivora* (Comstock) (Lépidoptères : Pyralidae) (**Paul et al., 2021**).

### Par les biopesticides

Les biopesticides sont des produits fabriqués à partir de substances naturelles, telles que les huiles essentielles végétales, qui sont utilisées comme alternatives aux pesticides chimiques pour lutter contre les insectes nuisibles et les maladies parasitaires. d'après plusieurs études, les biopesticides sont moins toxiques que les pesticides, et ont rarement des effets nocifs sur l'environnement et la santé humaine, en plus d'être efficaces en petite quantité, naturels et rapidement décomposables (**Kumar, 2012**).

## **2.2. *Schinus molle* L**

### **2.2.1. Généralité**

*Schinus molle* ou le faux poivrier est un appartient à la famille des Anacardiaceae (**Rouibi et al., 2009**). Est originaire des régions subtropicales d'Amérique du Sud (**Martins et al 2014**). La majorité des membres de cette famille se trouvent dans le monde entier, dans les régions tropicales, subtropicales, méditerranéennes et tempérées (**Rouibi et al., 2009**). Il favorise les sols sableux et bien drainés, mais il est tolérant à la plupart des types de sol et aussi à la salinité et l'alcalinité (**Joker et al., 2002**).

Est un arbre à feuilles persistantes très aromatique, dont les huiles volatiles ont été étudiées en profondeur, et auxquelles on attribue différentes activités biologiques. Il est intéressant de noter que la plupart de ces activités correspondent aux huiles essentielles rôle protecteur des plantes dans la nature. Plus précisément, certaines études liées aux insecticides et aux répulsifs les effets des extraits de *Schinus molle* contre différents insectes ont été publiés (**López et al., 2014**).

En médecine populaire, *Schinus molle* a été utilisé en raison de ses propriétés antibactériennes, antivirales, antiseptiques topiques, propriétés antifongiques, antioxydantes, anti-inflammatoires, antitumorales, antispasmodiques, analgésiques, ainsi qu'un stimulant et un antidépresseur. Il a également utilisé dans le traitement des maux de dents, des rhumatismes, Troubles menstruels, infections des voies respiratoires et urinaires (**Martins et al., 2014**). Cette espèce n'est pas utilisée en thérapeutique en Algérie. Des recherches sur les bienfaits de cette plante sont toujours d'actualité, avec pour conséquence de nouvelle découverte dont les applications sont nombreuses (**Rouibi et al., 2009**).



**Figure 8 :** *Schinus molle* (Original, 2024)

### 2.2.2. Classification systématique

L'identification systématique de *Schinus molle* L., 1753. est présentée ci-dessous :

**Règne :** Végétal

**Embranchement :** Spermaphytes

**Sous-embranchement :** Angiospermes

**Classe :** Dicotylédones

**Sous-classe :** Rosidées

**Ordre :** Sapindales

**Famille :** Anacardiacees

**Genre :** Schinus

**Espèce :** *Schinus molle* L.

### 2.2.3. Description morphologique

C'est un arbre à feuilles persistantes au feuillage pleureur, atteignant généralement 6 à 8 m de haut, dans de bons emplacements jusqu'à 15 m.

Le tronc est court avec une écorce brun foncé, profondément fissurée et écaillée, lorsque l'écorce est endommagée, elle exsude un latex collant.

Les feuilles sont composées, pennées et mesurent 15 à 30 cm de long, avec 15 à 41 folioles. Les folioles sont vert jaunâtre, longues de 2 à 5 cm, lancéolées avec des marges entières ou dentelées. Les feuilles ont une odeur poivrée lorsqu'on les froisse.

Les fleurs sont unisexuées, petites et jaune pâle, en panicules de 10 à 15 cm de long (Figure 9). Les fleurs femelles et mâles poussent normalement sur des arbres différents, dans la zone de répartition naturelle, la floraison a lieu de septembre à décembre et les fruits mûrissent en décembre-janvier. En Afrique de l'Est, les fruits sont récoltés en mars. Tous les fruits ne

mûrissent pas en même temps et au sein d'une grappe, les fruits seront souvent à différents stades de maturité.

Les fruits sont de petites drupes rondes appelés baies roses, de 5 à 9 mm de diamètre, rouge vif à maturité (**Kasimala et kasimala, 2012**).



**Figure 9** : Morphologie externe de *Schinus molle* (**Original, 2024**)

a- le tronc de *Schinus molle*, b- les feuilles, c- les fleurs, d- le fruit.

#### 2.2.4. Effet de l'huile essentielle de *schinus molle*

Cette espèce est très aromatique et par conséquent, de nombreuses recherches sur son huile essentielle provenant de différents endroits ont été entreprises (**zahed et al., 2010**). L' $\alpha$ -phellandrène, le  $\beta$ -phellandrène, le limonène et le p-cymène étaient les principaux composés d'Huiles *schinus Molle* (**Eryigit et al., 2017**).

Les feuilles contiennent des huiles essentielles, des tanins, des alcaloïdes et les biflavonoïdes, qui sont utilisés en médecine traditionnelle comme antimicrobien, antifongique, antispasmodique, antipyrétique et des agents anti-inflammatoires. De plus, les huiles essentielles et leurs composants auraient forte activité répulsive contre plusieurs arthropodes d'importance vétérinaire. Ces hautement les huiles essentielles volatiles sont une option intéressante pour le contrôle des puces sur les chiens et les chats, étant donné que les composés volatils sont généralement sans danger pour les animaux de compagnie (**Batista et al., 2016**).

**2.2.5. Effet de la poudre de *Schinus molle***

L'utilisation de plantes ou extraits de plantes (racines, feuilles, écorces et fruits) dans la protection des récoltes contre les insectes ravageurs au cours de stockage est une pratique ancienne très répandue en Afrique et en Asie (KALOMA *et al.*, 2008). La poudre de *schinus molle* Il a été utilisé comme épice dans de nombreux pays sud-américains grâce à ces fruits de saveurs chaude et piquante (Rouibi *et al.*, 2009).

Selon les études de (Attouche et Djaroun, 2017) la poudre de faux poivrier être efficaces pour la lutte contre les ravageurs.

**2.2.6. Effet de l'hydrolat de *Schinus molle***

L'hydrolat de *Schinus molle* est un liquide trouble de couleur blanche et d'une odeur de térébinthe ou de poivre. C'est un sous-produit de l'extraction de l'huile essentielle, qui utilisé en aromathérapie ou en cosmétique, notamment dans la fabrication de produits de soins de la peau ou de parfums naturels. A une activité inhibitrice sur certaines souches bactériennes testées (Guerdouh et Roula, 2020).

# ***CHAPITRE 2***

## ***Matériel et Méthodes***

## 1 Présentation de la zone d'étude

### 1.1. Situation géographique de la région de Remchi

Remchi est une commune de la wilaya de Tlemcen, située dans le nord-ouest de l'Algérie. Elle se trouve au sein de l'unité géographique des plaines et plateaux intérieurs de la wilaya de Tlemcen, à une altitude de 200 m. Son inclinaison est d'environ 25%. Ses coordonnées géographiques sont 1°24' de longitude ouest et 35°03' de latitude nord. Elle couvre une surface de 13 600 hectares, avec une configuration allongée dans une orientation Nord-Sud, en suivant l'axe de la R.N 22. Cette route la relie à Tlemcen à une distance de 27 km, à Béni Saf à 45 km et à Oran à 120 km. Avec la construction de la R.N 35 à Maghnia, elle acquiert une importance significative en tant que carrefour dynamique (Abedeli, 2008 in Bouizem et Boudaoud, 2019).



Figure 10 : Situation géographique de Remchi (Google maps, 2024)

### 1.2. Pédologie

D'après Kaid Slimane (2000), il est noté que Tlemcen présente principalement des sols fersiallitiques de teinte rouge et brune, ainsi que des sols calcaires.

Les sols de la région de Remchi se présentent sous différentes compositions, comprenant des combinaisons de limon, d'argile et de sable. Parmi celles-ci, le type prédominant demeure le limonoargilo-sableux (Benmeddah, 2015).

### 1.3. Géologie

Selon Sari Ali (2004) La géologie de la zone Remchi est dominée par deux formations principales. D'une part, la formation de marnes et de grès du Miocène, caractérisée par des marnes bleues et des intercalations de grès, révélant une certaine instabilité régionale. D'autre part, les croûtes calcaires anciennes du Quaternaire, qui recouvrent les formations miocènes et

abritent des gisements d'industrie préhistorique. Ces formations géologiques soutiennent la ville de Remchi grâce à une dalle grés-argileuse.

La géologie de la ville de Remchi se distingue par la présence de marnes brunes jaunes au nord, de marnes à lits gréseux dans la plaine centrale, de grès gris sous une fine couche de 3 mètres de marne, et d'une croûte calcaire au sud.

#### 1.4. Hydrologie

La station de Remchi se niche dans le bassin versant de l'oued Tafna, un joyau naturel dans la région de Tlemcen à l'ouest de l'Algérie. Positionnée le long de l'oued Sikkak, un affluent crucial de l'oued Tafna, elle occupe un rôle vital dans la gestion des ressources en eau locales. Les richesses hydriques de la région de Remchi-Tlemcen sont variées, comprenant plusieurs infrastructures telles que des barrages, des forages, des puits, des retenues collinaires et des sources. Ces ressources constituent un précieux patrimoine, indispensable à la vie quotidienne et au développement durable de la région (Remaoun, 2003).

## 2 Etudes bioclimatiques

Le climat est le schéma à long terme des conditions météorologiques dans une région donnée, y compris les variations de température, d'humidité, de vent, de précipitations et d'autres facteurs atmosphériques.

Le climat de la Méditerranée eurafricaine est influencé par sa situation entre un domaine tempéré plus frais au nord et le désert au sud, créant un contraste entre influences continentales et océaniques. Bien que bordée par la mer Méditerranée, la région ne présente pas un climat maritime typique, mais plutôt un climat caractérisé par ces influences variées. En Algérie, le climat est de type méditerranéen, avec une période pluvieuse de septembre à mai, suivie d'un été sec et ensoleillé (Bouanani, 2004).

Pour déterminer le type de climat dominant dans la région d'étude, nous avons utilisé les données climatiques de la station météorologique de Zenata à Tlemcen pour la période s'étendant de 2013 à 2023.

**Tableau 4 :** Données géographiques de la station météorologique de Zenata (Google Earth, 2024)

Station	Altitude (m)	Longitude Ouest	Latitude Nord
Zenata	247 m	1°27'30'' W	34°59'04'' N

## 2.1. Les paramètres climatologiques

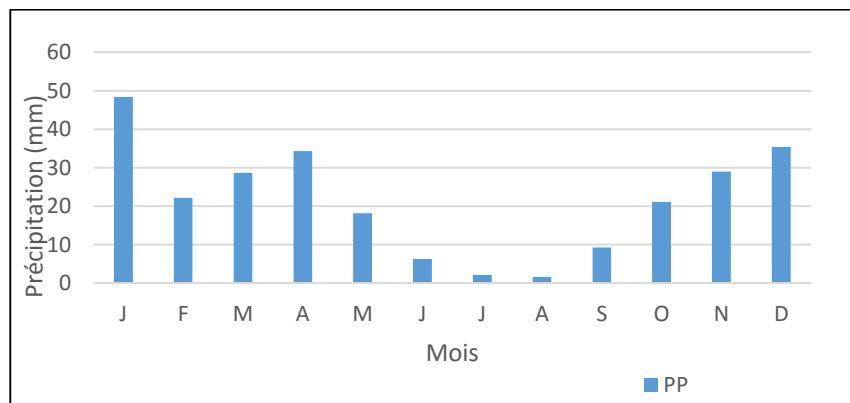
### 2.1.1. Précipitation

Les précipitations représentent les facteurs les plus importants du climat (Faurie, 2011). Est un élément crucial sur notre planète, jouant un rôle essentiel dans l'écologie en influençant le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres (Ramade, 1984).

**Tableau 5** : Précipitations moyennes mensuelles de la station de Zenata (2013-2023).

Moi	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
P(mm)	48,4	22,2	28,7	34,3	18,2	6,3	2,1	1,6	9,3	21,1	29	35,4	256,6

Source : Site internet (infoclimat)



**Figure 11** : Diagramme de la variation des précipitations moyennes mensuelles de la station de Zenata (2013-2023)

Le diagramme montre les variations des précipitations moyennes mensuelles à la station de Zenata sur la période de 2013 à 2023, mettant en évidence les mois avec des niveaux élevés ou faibles de précipitations ainsi que toute tendance générale sur la décennie. Le mois le plus sec est août, avec seulement 1.6 mm de précipitations, tandis que le mois le plus humide est janvier, avec 48.4 mm de précipitations.

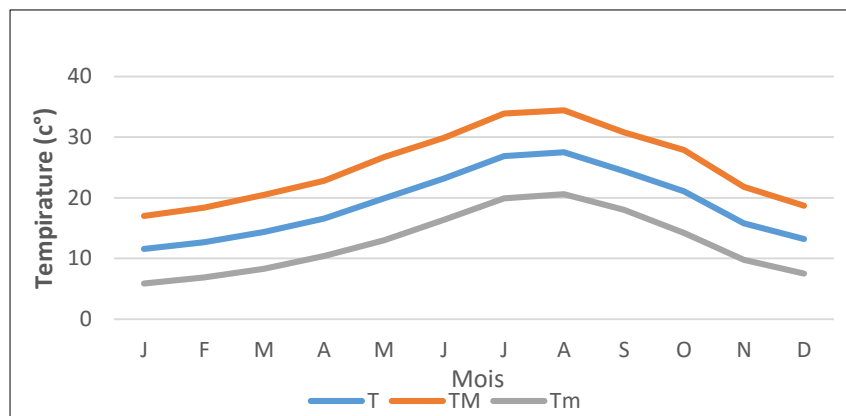
### 2.1.2. Température

En écologie, la connaissance de la valeur des températures extrêmes est un bon indicateur, celle des moyennes de leurs minimum et maximum est également intéressante, elle situe les conditions de vie moyenne permettant ainsi un classement des espèces en fonction de leur comportement vis-à-vis de la température (Djellouli et Djebaili, 1984).

**Tableau 06 :** Températures moyennes mensuelles, maximales et minimales de la station de Zenata (2013-2023).

Moi	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
<b>T</b>	11,6	12,7	14,4	16,6	19,9	23,2	26,9	27,5	24,4	21,1	15,8	13,2	227,3
<b>TM</b>	17	18,4	20,5	22,8	26,7	29,9	33,9	34,4	30,8	27,9	21,8	18,7	302,8
<b>Tm</b>	5,9	6,9	8,3	10,4	13	16,4	19,9	20,6	18	14,2	9,8	7,5	150,9

Source : Site internet (infoclimat)

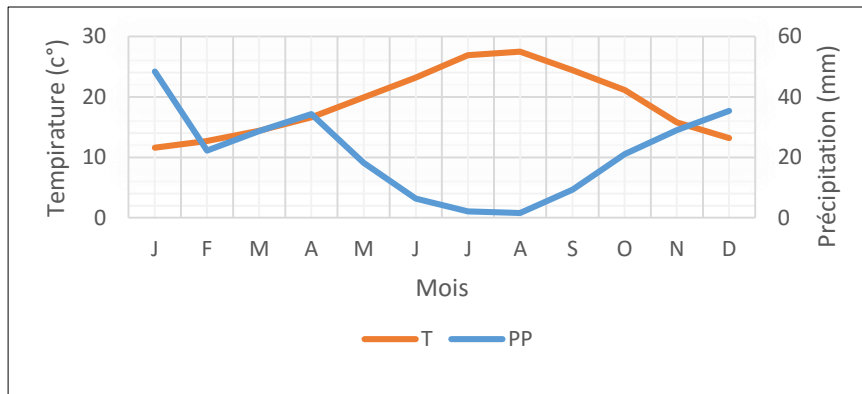


**Figure 12 :** Climagramme de la variation des températures moyenne, minimales et maximales de la station de Zenata (2013-2023)

Climagramme montre les variations des températures moyennes mensuelles, maximales et minimales enregistrées à la station de ZENATA sur une période de 2013 à 2023. Les valeurs les plus élevées sont observées en juillet, avec une moyenne mensuelle de 26,9 degrés Celsius pour la température moyenne (T), 33,9 degrés Celsius pour la température maximale (TM), et 19,9 degrés Celsius pour la température minimale (Tm). Ces chiffres reflètent des conditions estivales chaudes typiques de la région.

### 2.1.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)

Le diagramme ombrothermique il montre l'importance de la période sèche. Dans ce diagramme les températures sont portées à une échelle double de celle des précipitations ; un mois est considéré sec si la pluviométrie P (en millimètres) est inférieure ou égale au double de la température T (en degrés Celsius) (**Derriche et al., 1999**).



**Figure 13 :** Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la station de Zenata (2013-2023)

La figure 12 représente les diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausson durant la période (2013-2023) on observe :

- ❖ La période sèche s'étend généralement de mai à octobre.
- ❖ Période humide s'étend généralement de novembre à avril.

### 2.1.4. Climagramme d'EMBERGER

Le quotient d'Emberger (1930) est spécifique du climat méditerranéen, il est le plus fréquemment utilisé en Afrique du Nord. Le quotient Q2 a été formulé de la façon suivante :

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

'M' est la moyenne des températures, en Kelvin, du mois le plus chaud, et 'm' est la moyenne des températures, en Kelvin aussi du mois le plus froid. P est la moyenne des précipitations en millimètres (**Benabadji et Bouazza, 2000**).

**Tableau 7 :** Calculs de Q2 de station d'étude

Station	P (mm)	M (K°)	m (K°)	Q2
Zenata	256,6	307,4	279,05	30.71

Les résultats du tableau et la présentation du Climagramme d'Emberger pour la période (2013-2023) nous montrent que :

- ❖ La station de Zenata se situe dans l'étage aride à hiver tempéré.

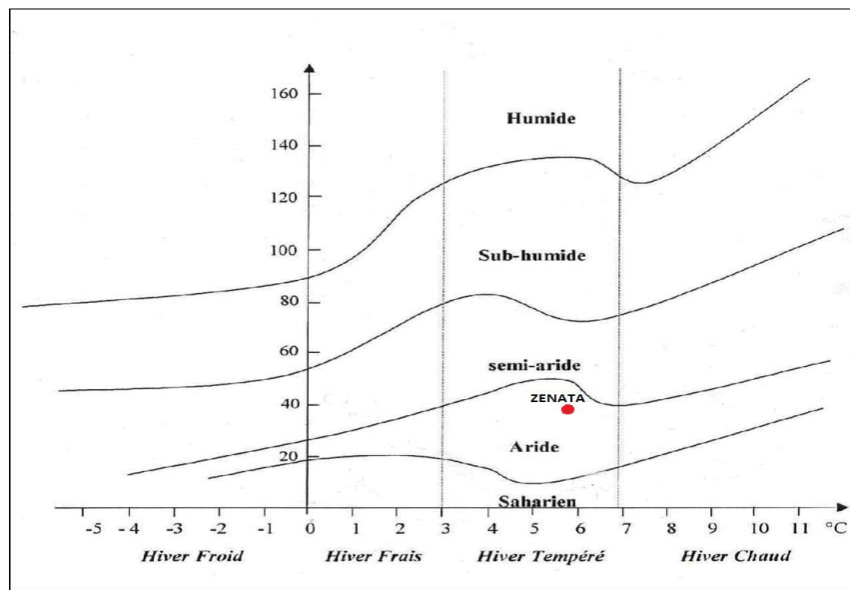


Figure 14 : Climagramme d’Emberger de la station de zenata (2013-2023)

### 3 Etude entomologique

Nous avons mené notre étude en utilisant des échantillons de cladodes d’*Opuntia ficus indica* infestés par *Dactylopius opuntiae*. Les échantillons ont été prélevés de manière aléatoire à la station de Remchi au cours du mois d’avril, en présence des critères suivants : un taux d’infestation significatif d’*Opuntia ficus indica* et l’absence de traitement de la station. Lors de la collecte des échantillons, il était essentiel de préserver l’environnement.

### 4 Eude phytologique

#### 4.1. Matériel végétale

L’objectif de notre étude est de présenter diverses activités biologiques de la plante *Schinus molle*. Cette plante a été choisie en raison de son potentiel thérapeutique et des propriétés insecticides de son huile essentielle. Les échantillons utilisés pour cette recherche proviennent des feuilles et des fruits et des tiges et des fleurs de *Schinus molle*, récoltées au parc d’Hartoun, dans la région de Tlemcen, au mois de février 2024.

Les coordonnées géographiques du lieu de récolte sont indiquées dans le tableau :

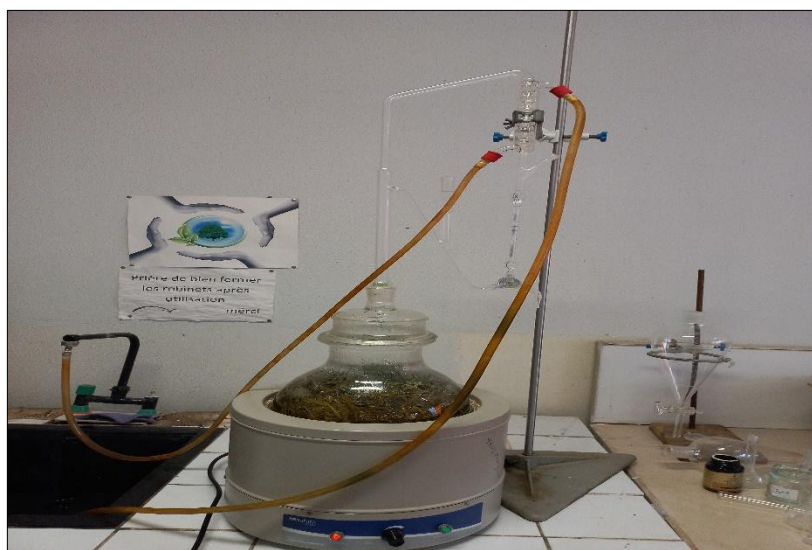
Tableau 8 : les coordonnées géographique de station de récolte (Google Earth, 2024).

Station	Altitude (m)	Latitude	Longitude
parc d’Hartoun (Tlemcen)	821,5m	34°52’36’’N	1°18’16’’W

Après la récolte, nous avons divisé l'échantillon en deux parties : une partie de plante fraîche pour l'extraction de l'huile de plante fraîche, et une partie de plante sèche que nous avons fait sécher pendant une semaine dans un endroit couvert à l'abri de la lumière et du soleil pour l'extraction de l'huile de plante sèche et de la poudre .

#### 4.2. Procédé d'extraction de l'huile essentiel

L'extraction d'huile essentielle de *Schinus molle* est réalisée au niveau du Laboratoire des Substances Naturelles et Bioactives (LASNABIO). À l'aide d'un dispositif d'extraction de type Clevenger (figure 13), une extraction par hydro-distillation.



**Figure 15 :** Montage de l'hydrodistillation type Clevenger (Original, 2024)

Cette technique d'extraction repose sur la capacité de la vapeur d'eau à transporter les composés volatils extraits du matériel végétal. L'opération consiste à introduire une certaine quantité de la plante dans un ballon en verre, en y ajoutant suffisamment d'eau. Le ballon est chauffé à l'aide d'un chauffe-ballons à une température comprise entre 40 et 50 °C. Les vapeurs chargées en huiles essentielles traversent un tube vertical, puis passent dans un réfrigérant où elles se condensent. Les gouttelettes ainsi produites s'accumulent dans une ampoule à décanter, permettant la séparation de la phase aqueuse (hydrolat) et de la phase organique (huile essentielle) (figure 15). Cette opération dure environ 4h à partir du début de l'ébullition.



**Figure 16 : Huile essentielle et Hydrolat (Original, 2024)**

### 4.3. Conservation des huiles essentielles

Nous avons conservé l'huile essentielle dans des tubes en verre et les avons enveloppés de papier d'aluminium pour offrir une protection supplémentaire contre la lumière. De plus, nous les avons stockés dans le réfrigérateur, un endroit frais et sec, à l'abri des variations de température.



**Figure 17 : Conservations des huiles essentielles (Original, 2024)**

### 4.4. Conservations d'hydrolat

Nous avons conservé les hydrolats dans un flacon en verre teinté pour les protéger de la lumière. Ensuite, nous les avons stockés dans le réfrigérateur pour les maintenir dans un environnement frais et stable, à l'abri des variations de température.



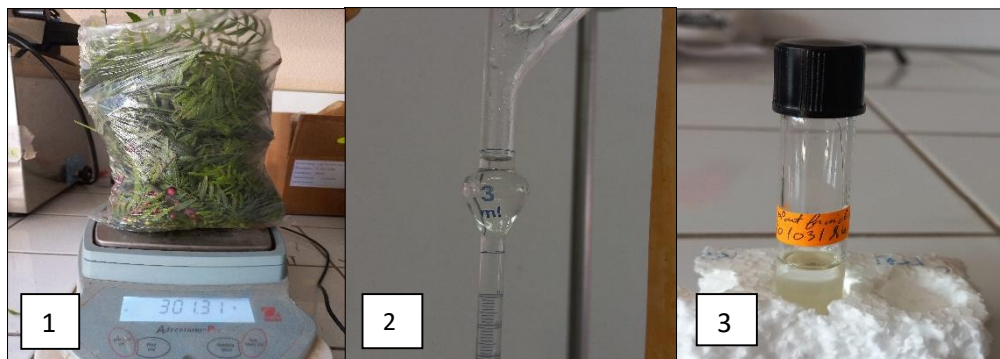
**Figure 18 :** Conservations d'hydrolat (Original, 2024)

#### 4.5. Détermination du rendement en huiles essentielles

Le rendement en huiles essentielles est le rapport entre le poids d'huile extrait et le poids de la biomasse végétale à traiter. Le rendement est exprimé en pourcentage (%) (Tajeddine *et al.*, 2021).

##### Mode opératoire :

1. Peser 300 g de matière végétale.
2. Récupérer l'huile essentielle.
3. Puis peser l'huile essentielle et déterminer la valeur de rendement.



**Figure 19 :** Détermination de Rendement (Original, 2024)

Le rendement est calculé par la formule suivante :

$$R (\%) = (M_{\text{huile essentielle}} / M_{\text{plante}}) \times 100$$

**R (%)** = Rendement en huile essentielles.

**M<sub>h</sub>** = Masse totale d'huile essentielle (g).

**M<sub>p</sub>** = Masse de la matière végétale sèche (g).

#### 4.6. Méthodes d'obtention de la poudre

Pour obtenir de la poudre de feuilles et de graines séchées de *Schinus molle*, nous avons utilisé un broyeur électrique pour les réduire en poudre. Ensuite, nous avons filtré la poudre à

l'aide d'un tamis pour éliminer les particules plus grosses. Enfin, nous avons transféré la poudre fine obtenue dans un bocal hermétique en plastique, bien fermé pour la conserver à l'abri de l'humidité et de la lumière. Le bocal a été étiqueté avec le nom de la plante et la date de broyage.



**Figure 20 : Méthodes d'obtention de la poudre (Original, 2024)**

## **5 Méthode de la lutte biologique par l'huile essentielle, hydrolat et la poudre de *schinus molle***

### **5.1 Matières végétales**

- La poudre
- Huile essentielle
- Hydrolats

### **5.2 Produit chimique**

- Le Dimethyl Sulfoxyde (DMSO)

### **5.3 Matériel Utilisé**

- Micropipette 0,5/10  $\mu$ l
- Micropipette 10/100  $\mu$ l
- Boîte de Pétri
- Loupe binoculaire
- Bécher
- Vérines en verre
- Papiers filtre
- Pincettes, ciseaux, cuillères, couteur lame
- Elastique ruban
- Étiquettes
- Tubes Eppendorf
- Tissu filet

➤ Loupe de bijoutier

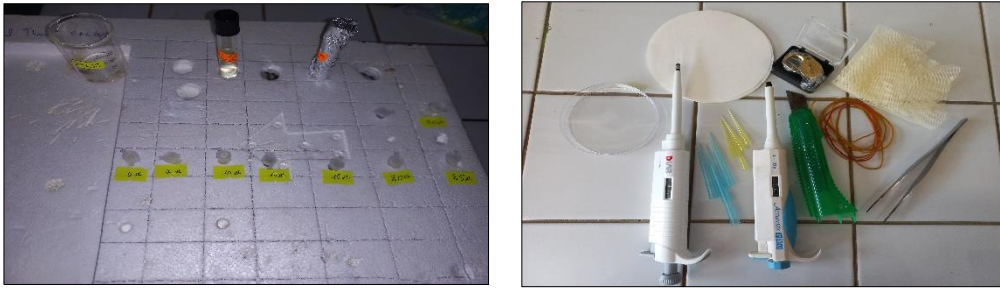


Figure 21 : Matériel Utilisé (Original, 2024)

## 6. Méthode de lutte naturelle

### 6.1. Lutte par la poudre de *Schinus molle*

Cinq échantillons de poids différents (2 g, 4 g, 6 g, 8 g, 10 g) ont été préparés pour le traitement par la poudre et placés dans des boîtes de Pétri. À l'intérieur de chaque boîte, nous avons placé des morceaux de raquettes d'opuntia infectés par *Dactylopius opuntiae*, comprenant dix insectes adultes. Chaque expérience a été répétée trois fois. Un groupe témoin a également été inclus, composé de trois boîtes de Pétri, chaque boîte contenant un morceau de raquette, chaque morceau de raquette contenant dix insectes. L'observation a été réalisée pendant une période de 96 heures.



Figure 22 : Traitement par la poudre (original, 2024)

### 6.2. Lutte par huile essentielle de *schinus molle*

Pour évaluer l'efficacité de Traitement par de *Schinus molle*, nous avons employé des méthodes par contact et par inhalation. Nous avons préparé huit doses différentes d'huile essentielle diluée à 50 % avec du DMSO : 5  $\mu$ l, 7  $\mu$ l, 10  $\mu$ l, 13  $\mu$ l, 15  $\mu$ l, 20  $\mu$ l, 25  $\mu$ l, et 30  $\mu$ l. Un groupe témoin a également été inclus dans l'expérience. Pour chaque test, nous avons utilisé dix individus et chaque expérience a été répétée trois fois.

**Pour la méthode par contact :** Des morceaux de raquette ont été placés dans des boîtes de Pétri et différentes doses d'huile essentielle diluée ont été appliquées directement sur les insectes. Les boîtes ont été recouvertes d'un tissu filet permettant la respiration des insectes.



**Figure 23 :** Traitement par Huile essentielle la méthode par contact (Original, 2024)

**Pour la méthode par inhalation :** Des morceaux de raquette ont été placés dans des verrines en verre et les insectes ont été exposés à l'huile essentielle, injectée sur des morceaux de papier filtre. Les verrines ont été recouvertes d'un tissu filet permettant la respiration des insectes.



**Figure 24 :** Traitement par Huile essentielle la méthode par inhalation (Original, 2024)

L'observation s'est étendue sur une période de 120 heures. Nous avons enregistré les effets de l'huile essentielle de *Schinus molle* sur les insectes, incluant les changements de comportement, la mortalité et toute autre réaction. Les résultats obtenus ont été comparés entre les différentes doses d'huile essentielle et le groupe témoin, qui a été traité uniquement avec du DMSO.

### 6.3. lutte par hydrolat de schinus molle

En utilisant la méthode d'application par contact, nous avons traité les échantillons avec cinq doses différentes d'hydrolat : 10  $\mu$ l, 20  $\mu$ l, 30  $\mu$ l, 40  $\mu$ l, et 50  $\mu$ l. Les échantillons traités ont été placés dans des verrines en verre, recouvertes d'un tissu filet permettant la respiration des insectes. Un groupe témoin a également été inclus. Les observations ont été effectuées sur une durée de 120 heures. Pour chaque test, nous avons utilisé 10 individus et chaque expérience a été répétée trois fois.

Cette approche nous a permis d'étudier de manière systématique les réactions et les effets de différentes concentrations d'hydrolat sur les insectes.



**Figure 25** : Traitement par l'hydrolat (Original, 2024)

# ***CHAPITRE 3***

## ***Résultats Et Discussion***

Notre objectif dans cette étude était de mettre l'accent sur la lutte biologique contre le ravageur d'*Opuntia ficus indica*, précisément le *Dactylopius opuntiae*. Nous avons utilisé l'huile essentielle d'*schinus molle*, son hydrolat et sa poudre végétale dans le cadre d'une évaluation et d'une comparaison de leur efficacité dans la lutte contre ce ravageur.

Nous avons mené des tests en laboratoire et sur le terrain pour évaluer leur capacité à éliminer le *Dactylopius opuntiae*, à réduire son taux et à réduire les dommages aux cultures d'*Opuntia ficus indica*.

Les données de notre recherche sont primordiales pour comprendre l'utilisation de l'huile essentielle de *Schinus molle*, de son hydrolat et de sa poudre végétale comme stratégies potentielles de combat biologique contre le *Dactylopius opuntiae*. Ces résultats proposent des solutions durables pour la gestion de *Dactylopius opuntiae* dans les cultures d'*Opuntia ficus indica*, aidant les agriculteurs à protéger ces cultures tout en minimisant l'impact environnemental.

### 1 Etude phytochimique

Les huiles essentielles de *Schinus molle* sont utilisées dans les médecines traditionnelles de différentes parties de la Méditerranée comme analgésiques, anti-inflammatoires, antitumoraux, antibactériens et insecticides (Dikshit *et al.*, 1986).

Dans cette section, nous avons identifié les caractéristiques de l'huile essentielle de *Schinus molle* et calculé son rendement.

#### 1.1. Caractéristiques de l'huile essentielle

Les huiles essentielles de *Schinus molle* sont très aromatiques. Elles sont liquides et d'une couleur transparente. Les caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle de *Schinus molle* sont rapportées dans le tableau 9 :

**Tableau 9** : Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle de *Schinus molle*

Caractéristiques organoleptiques	Caractéristiques organoleptiques de <i>Schinus molle</i>
Aspect	Liquide
Couleur	transparente
Odeur	Forte odeur (poivrée)

## 1.2. Rendement en huile essentielle

Les résultats du rendement en huile essentielle obtenus par la technique d'hydrodistillation à partir de la plante sèche pendant la période hivernale pour *Schinus molle* sont présentés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 10** : Rendement en huile essentielle de la plante sèche

Essai	Partie distille	Masse végétale (g)	Masse d'huile (g)	Rendement (%)
1	Feuille, fruits, tige, fleur	300g	4.31g	1.43%

Les résultats du rendement en huile essentielle obtenus par la technique d'hydrodistillation à partir de la plante fraîche pendant la période hivernale pour *Schinus molle* sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 11** : Rendement en huile essentielle de la plante fraîche

Essai	Partie distille	Masse végétale (g)	Masse d'huile (g)	Rendement (%)
1	Feuille, fruits, tige, fleur	500g	2g	0.4%

La plante sèche a un rendement en huile essentielle plus élevé (1.43%) par rapport à la plante fraîche (0.4%). Plus précisément, pour 300 g de plante sèche, la masse d'huile obtenue est de 4.31 g, tandis que pour 500 g de plante fraîche, seulement 2 g d'huile sont extraits. Cela indique que la sécheresse de la plante permet une extraction plus efficace de l'huile essentielle.

D'après une étude menée par **Zeroukk en 2019**, il a été constaté que le rendement optimal en huile essentielle obtenu avec le *schinus molle* séché de la région d'El Eulma était de 1,62 %.

Selon une étude réalisée par **Herrera en 2022**, le rendement en huile essentielle extrait du *schinus molle* frais était de 0,73 %.

Les variations observées dans le rendement en huiles essentielles dépendent non seulement de l'origine de la plante, mais également d'une multitude de facteurs biotiques et abiotiques. Parmi ces facteurs, on trouve le milieu et la période de récolte, la température,

l'humidité relative, la durée d'ensoleillement, le régime des vents, les pratiques culturales et la méthode d'extraction, qui influencent directement les espèces végétales.

## **2 Activité insecticide de l'Huile essentielle de *schinus molle* sur *Dactylopius opuntiae***

L'utilisation des huiles essentielles, en particulier la disponibilité de l'arbre de *schinus molle* en Algérie, a permis d'obtenir des résultats efficaces dans la lutte biologique contre le ravageur d'Opuntia, *Dactylopius opuntia*.

### **2.1. Calcul des taux de mortalité de *Dactylopius opuntiae***

#### **2.1.1. Par contact**

Les données concernant la toxicité de l'huile essentielle de *Schinus molle* sur *Dactylopius opuntiae* par contact sont résumées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 12 : Activité insecticide de l'huile essentielle de schinus molle par contact

Essais	Concentrations	Nombre d'individus décédés				Taux de mortalité %			
		6h	12h	24h	48h	6h	12h	24h	48h
1	5ul	1	2	6	10	10%	20%	60%	100%
	7ul	3	5	6	10	30%	50%	60%	100%
	10ul	3	5	10	10	30%	50%	100%	100%
	13ul	3	4	7	10	30%	40%	70%	100%
	15ul	5	10	10	10	50%	100%	100%	100%
	20ul	6	10	10	10	60%	100%	100%	100%
	25ul	7	10	10	10	70%	100%	100%	100%
	30ul	8	10	10	10	80%	100%	100%	100%
2	5ul	2	2	7	10	20%	20%	70%	100%
	7ul	1	3	5	10	10%	30%	50%	100%
	10ul	4	6	7	10	40%	60%	70%	100%
	13ul	3	3	8	10	30%	30%	80%	100%
	15ul	5	8	10	10	50%	80%	100%	100%
	20ul	7	10	10	10	70%	100%	100%	100%
	25ul	7	10	10	10	70%	100%	100%	100%
	30ul	7	9	10	10	70%	90%	100%	100%
3	5ul	2	3	8	10	20%	30%	80%	100%
	7ul	2	3	7	10	20%	30%	70%	100%
	10ul	3	5	8	10	30%	50%	80%	100%
	13ul	3	5	10	10	30%	50%	100%	100%
	15ul	5	10	10	10	50%	100%	100%	100%
	20ul	5	10	10	10	50%	100%	100%	100%
	25ul	6	10	10	10	60%	100%	100%	100%
	30ul	6	10	10	10	60%	100%	100%	100%

Tableau 13 : la moyenne de mortalité par huile essentielle de *schinus molle* par contact

Essais	Concentrations	Nombre d'individus décédés				Taux de mortalité %			
		6h	12h	24h	48h	6h	12h	24h	48h
3 essais moyennes	5ul	1,6666 66667	2,33333333	7	10	17%	23%	70%	100%
	7ul	2	3,66666667	6	10	20%	37%	60%	100%
	10ul	3,3333 33333	5,33333333	8,33333333	10	33%	53%	83%	100%
	13ul	3	4	8,33333333	10	30%	40%	83%	100%
	15ul	5	9,33333333	10	10	50%	93%	100%	100%
	20ul	6	10	10	10	60%	100%	100%	100%
	25ul	6,6666 66667	10	10	10	67%	100%	100%	100%
	30ul	7	9,66666667	10	10	70%	97%	100%	100%

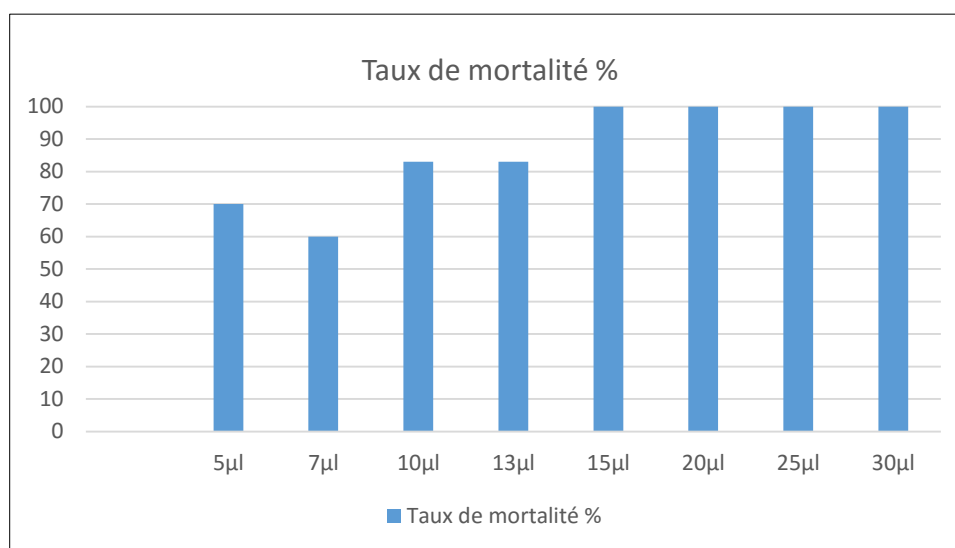


Figure 26 : Activité insecticide de l'huile essentielle de *schinus molle* par contact

**Interprétation**

L'étude sur la toxicité de l'huile essentielle de *Schinus molle* contre *Dactylopius opuntiae* par contact a montré des résultats clairs quant à son efficacité, laquelle varie en fonction de la concentration appliquée.

À une concentration de 5 µl, le taux de mortalité commence à 17 % après 6 heures et atteint 100 % après 48 heures.

Lorsque la concentration est augmentée à 7  $\mu\text{l}$ , le taux de mortalité augmente à 20 % après 6 heures et atteint également 100 % après 48 heures.

Pour 10  $\mu\text{l}$ , les taux de mortalité sont de 33 % après 6 heures et de 100 % après 48 heures.

Une concentration de 13  $\mu\text{l}$  montre une mortalité de 30 % après 6 heures, montant à 100 % après 48 heures.

Les concentrations de 15  $\mu\text{l}$ , 20  $\mu\text{l}$ , 25  $\mu\text{l}$  et 30  $\mu\text{l}$  démontrent une efficacité particulièrement élevée, atteignant un taux de mortalité de 100 % après seulement 12 heures ou moins.

Ces résultats montrent une corrélation positive entre l'augmentation de la concentration de l'huile essentielle de *Schinus molle* et son efficacité dans la lutte contre *Dactylopius opuntiae*. Des concentrations plus élevées entraînent des taux de mortalité plus élevés et une action plus rapide sur le ravageur.

### **2.1.2. Par inhalation**

Les données concernant la toxicité de l'huile essentielle de *Schinus molle* sur *Dactylopius opuntiae* par inhalation sont résumées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 14 : Activité insecticide de l'huile essentielle de *schinus molle* par inhalation

Essais	Concentrations	Nombre d'individus décédés							Taux de mortalité %						
		6h	12h	24h	48h	72h	96h	120h	6h	12h	24h	48h	72h	96h	120h
1	5ul	0	0	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
	7ul	0	0	0	1	1	1	1	0%	0%	10%	20%	30%	30%	30%
	10ul	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%
	13ul	1	1	1	1	1	1	1	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
	15ul	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	20ul	0	0	1	2	3	3	3	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
	25ul	0	0	0	1	1	1	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	30ul	0	0	1	1	1	1	1	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%
2	5ul	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	10%	20%	20%	20%	20%
	7ul	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	10ul	1	1	1	2	2	2	2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	13ul	0	0	1	1	1	1	2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	15ul	0	0	0	2	2	2	2	0%	0%	0%	20%	20%	20%	20%
	20ul	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	10%	10%	10%	10%	20%
	25ul	0	0	1	2	2	2	2	10%	10%	10%	20%	20%	20%	20%
	30ul	0	0	0	2	2	3	3	0%	0%	0%	20%	20%	30%	30%
3	5ul	0	0	0	0	0	1	2	0%	0%	20%	30%	30%	30%	30%
	7ul	0	0	0	1	1	1	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%
	10ul	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	10%	20%
	13ul	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
	15ul	1	1	1	1	1	2	1	10%	10%	10%	10%	10%	20%	10%
	20ul	0	0	0	0	0	0	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	25ul	0	0	2	3	3	3	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	30ul	1	1	0	2	2	2	3	10%	10%	0%	20%	20%	20%	30%

Tableau 15 : la moyenne de mortalité par huile essentielle de *schinus molle* par inhalation

Essais	Concentrations	Nombre d'individus décédés						Taux de mortalité %							
		6h	12h	24h	48h	72h	96h	120h	6h	12h	24h	48h	72h	96h	120h
3 essais moyennes	5ul	0	0	0	0	0	0,3333 33333	1	0%	0%	0%	0%	0%	3%	10%
	7ul	0	0	0	0,666 66667	0,666 66667	0,6666 66667	0,666 66667	0%	0%	0%	7%	7%	7%	7%
	10ul	0,33 333 333	0,33 333 333 3	0,33 333 333	0,666 66667	0,666 66667	0,6666 66667	0,666 66667	3%	3%	3%	7%	7%	7%	7%
	13ul	0,33 333 333	0,33 333 333 3	0,66 666 667	0,666 66667	0,666 66667	0,6666 66667	1	3%	3%	7%	7%	7%	7%	10%
	15ul	0,33 333 333	0,33 333 333 3	0,33 333 333	1	1	1,3333 33333	1	3%	3%	3%	10%	10%	13%	10%
	20ul	0	0	0,33 333 333	0,666 66667	1	1	1,333 33333	0%	0%	3%	7%	10%	10%	13%
	25ul	0	0	1	2	2	2	2	0%	0%	10%	20%	20%	20%	20%
	30ul	0,33 333 333	0,33 333 333 3	0,33 333 333	1,666 66667	1,666 66667	2	2	2,333 33333	3%	3%	3%	17%	17%	20%

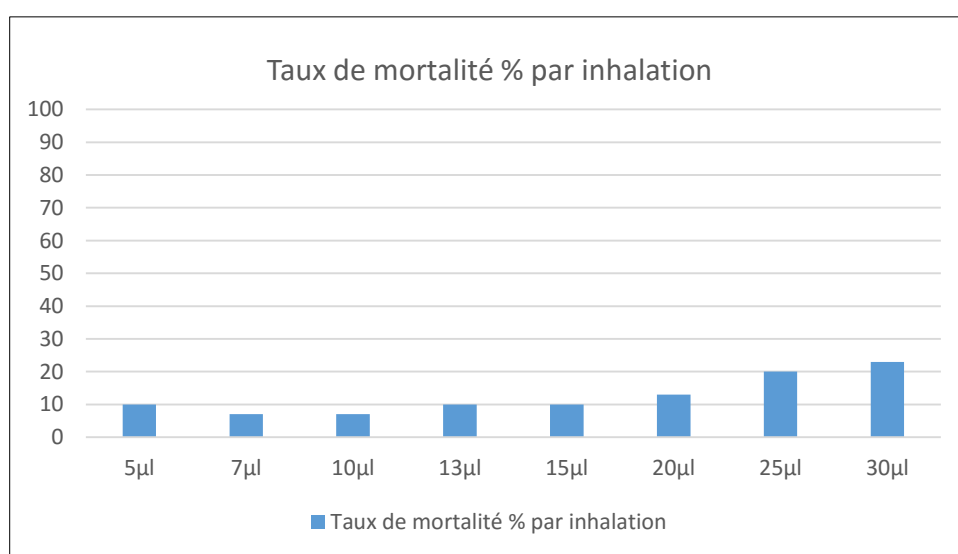


Figure 27 : Activité insecticide de l'huile essentielle de *schinus molle* par inhalation

### Interprétation

L'étude sur l'efficacité de l'huile essentielle de *Schinus molle* contre *Dactylopius opuntiae* par inhalation a été réalisée afin d'évaluer son potentiel insecticide à différentes concentrations.

À une concentration de 5  $\mu$ l, la mortalité des insectes reste nulle jusqu'à 72 heures, atteignant 3 % à 96 heures et 10 % à 120 heures.

Pour une concentration de 7  $\mu$ l, la mortalité observée est de 7 % après 48 heures et reste constante jusqu'à 120 heures.

Lorsque la concentration est de 10  $\mu$ l, la mortalité passe de 3 % après 6 heures à 7 % après 48 heures, restant stable jusqu'à 120 heures.

13  $\mu$ l, la mortalité observée commence à 3 % après 6 heures et atteint 10 % à 120 heures. Une concentration de 15  $\mu$ l montre une mortalité initiale de 3 % après 6 heures, atteignant 13 % à 96 heures et diminuant légèrement à 10 % à 120 heures.

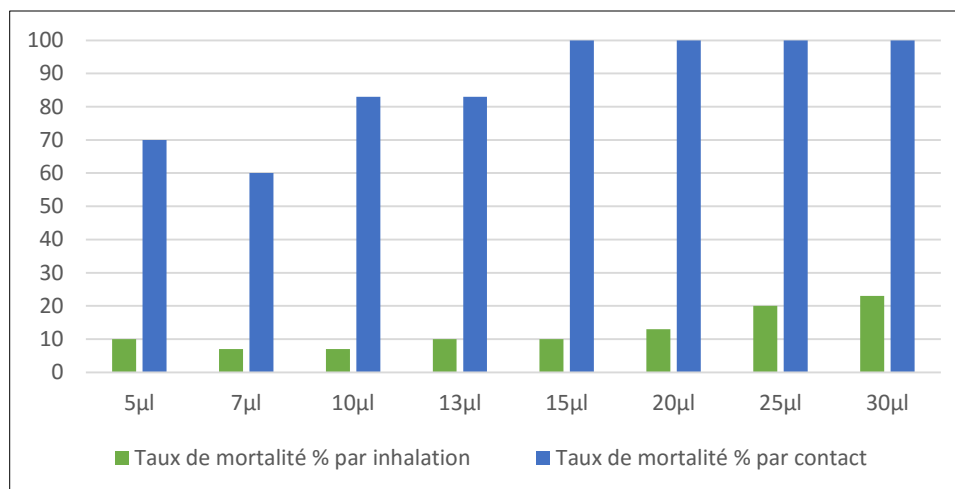
À 20  $\mu$ l, la mortalité reste nulle jusqu'à 24 heures, puis augmente progressivement pour atteindre 13 % à 120 heures.

Pour une concentration de 25  $\mu$ l, la mortalité commence à 10 % après 24 heures, montant à 20 % après 48 heures et restant stable jusqu'à 120 heures.

Enfin, à 30  $\mu$ l, la mortalité initiale est de 3 % après 6 heures, augmentant à 17 % après 48 heures et atteignant 23 % à 120 heures.

Ces résultats montrent que l'application de l'huile essentielle de *Schinus molle* par inhalation n'a pas d'effet insecticide significatif sur *Dactylopius opuntiae*. Les taux de mortalité observés restent relativement bas même à des concentrations élevées, indiquant que cette méthode d'inhalation n'est pas efficace pour la lutte contre ces ravageurs

### 2.1.3. Comparaison de l'effet insecticide de l'huile essentielle de *schinus molle* dans la lutte contre *Dactylopius opuntiae* par contact et par inhalation



**Figure 28 :** Comparaison de l'effet insecticide de l'huile essentielle de *schinus molle* dans la lutte contre *Dactylopius opuntiae* par contact et par inhalation

L'étude compare l'effet insecticide de l'huile essentielle de *Schinus molle* sur *Dactylopius opuntiae* par contact et par inhalation, en fonction de différentes concentrations.

À une concentration de 5 µl, la mortalité observée par inhalation est de 10 %, tandis que par contact, elle est de 70 %. Pour 7 µl, la mortalité par inhalation est de 7 % comparée à 60 % par contact. À 10 µl, l'inhalation montre une mortalité de 7 %, alors que le contact atteint 83 %. À 13 µl, les taux de mortalité par inhalation et par contact sont respectivement de 10 % et 83 %. Les concentrations de 15 µl, 20 µl, 25 µl, et 30 µl par inhalation montrent des mortalités de 10 %, 13 %, 20 %, et 23 %, alors que toutes ces concentrations par contact montrent une mortalité de 100 %.

Les résultats montrent que l'application de l'huile essentielle de *Schinus molle* par contact est beaucoup plus efficace que par inhalation pour lutter contre *Dactylopius opuntiae*. À partir de 15 µl, l'application par contact atteint une mortalité de 100 %, tandis que les taux de mortalité par inhalation restent beaucoup plus bas, même à des concentrations élevées. Cela indique que la méthode d'inhalation n'a pas un effet insecticide significatif sur ce ravageur, et que l'application par contact est recommandée pour une gestion efficace de ces insectes.

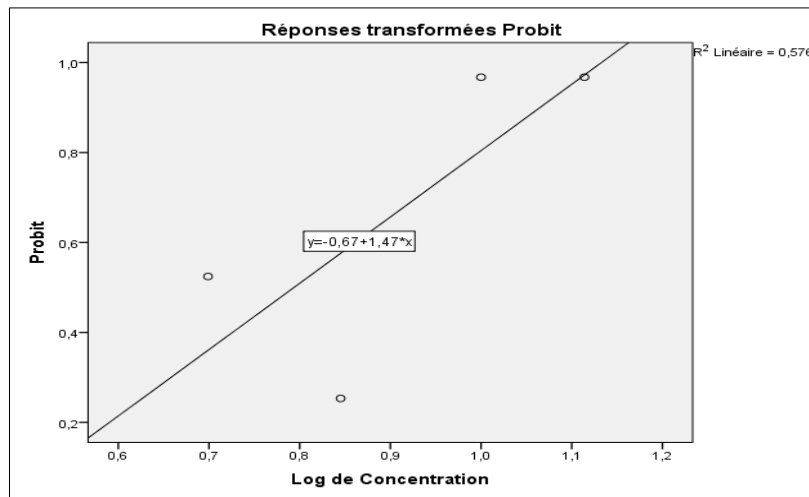
#### 2.1.4. Estimations de la dose létale

Nous avons mené des expériences pour déterminer les doses létales de l'huile essentielle de *Schinus molle* appliquée par contact sur *Dactylopius opuntiae*, en utilisant le logiciel SPSS pour les calculs. Les résultats ont permis d'identifier les doses nécessaires pour induire la mortalité des insectes, information cruciale pour définir la quantité optimale d'huile essentielle à utiliser contre les infestations de cochenilles.

Le tableau présente les doses létales allant de 10% à 99%, indiquant les niveaux de dose auxquels un pourcentage spécifique de *Dactylopius opuntiae* est susceptible de mourir. Les doses varient de 1,710 ul pour 10% de probabilité à 25,553 ul pour 99% de probabilité. La dose létale médiane (DL50) est de 4,468 ul, tandis que la dose létale à 90% (DL90) est de 11,676 ul.

**Tableau 16 :** Valeurs estimées des concentrations létales pour *Dactylopius opuntiae* de *schinus molle*

Probabilité	Estimation
10	1,710
20	2,377
30	3,016
40	3,695
50	4,468
60	5,402
70	6,619
80	8,396
90	11,676
99	25,553



**Figure 29 :** courbes des points des Log des doses (Logiciel SPSS)

Les courbes dose-réponse générées montrent une relation claire entre les doses appliquées et les taux de mortalité, validant l'utilisation de cette huile essentielle dans les programmes de gestion des nuisibles.

Ces résultats confirment l'efficacité de l'huile essentielle de *Schinus molle* contre *Dactylopius opuntiae* en termes de toxicité.

### 2.1.5. Discussion

Lorsque nous avons traité *Dactylopius opuntiae*, nous avons observé que notre étude démontre que l'huile essentielle de *Schinus molle* est plus efficace en traitement par contact qu'en inhalation. L'application directe de l'huile sur les insectes s'est révélée plus toxique que son utilisation par inhalation. Notre observation souligne que les propriétés biocides de l'huile essentielle de *Schinus molle* sont maximisées lorsqu'elle entre en contact direct avec le ravageur. Les composés actifs de l'huile agissent rapidement en contact direct, entraînant une toxicité accrue et une réduction significative de la population de *Dactylopius opuntiae*. La dose létale médiane (DL50) mesurée dans notre étude est de 4,468  $\mu\text{L}$ , démontrant une toxicité importante de cette huile contre le ravageur.

### 3 Activité insecticide d'hydrolats de *schinus molle* sur *Dactylopius opuntiae*

Les données concernant la toxicité d'hydrolats de *Schinus molle* sur *Dactylopius opuntiae* par contact sont résumées dans les tableaux ci-dessous :

**Tableau 17** : Activité insecticide d'hydrolats de *schinus molle* sur *Dactylopius opuntiae*

Essai s	Conc entra tions	Nombre d'individus décédés							Taux de mortalité %						
		6h	12h	24h	48 h	72h	96h	120 h	6h	12h	24h	48h	72h	96h	120h
<b>1</b>	10ul	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	20ul	0	0	1	1	2	2	2	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	30ul	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	10%	20%	20%
	40ul	0	0	0	0	3	3	3	0%	0%	0%	0%	30%	30%	30%
	50ul	0	0	0	0	1	2	2	0%	0%	10%	10%	20%	20%	20%
<b>2</b>	10ul	0	0	0	0	1	1	1	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%
	20ul	0	0	0	0	1	1	1	0%	0%	10%	10%	20%	20%	20%
	30ul	0	0	1	1	2	2	2	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%
	40ul	0	0	1	1	1	1	1	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%
	50ul	0	0	0	0	1	1	1	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%
<b>3</b>	10ul	0	0	1	1	1	1	1	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%
	20ul	0	0	0	1	1	1	1	0%	0%	10%	10%	20%	20%	20%
	30ul	0	0	1	1	2	2	2	0%	0%	0%	0%	30%	30%	30%
	40ul	0	0	0	0	1	1	2	0%	0%	0%	0%	10%	10%	20%
	50ul	0	0	0	0	3	3	3	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%

Tableau 18 : la moyenne de mortalité par hydrolats de schinus molle par contact

Essais	Concentrations	Nombre d'individus décédés							Taux de mortalité %						
		6h	12h	24h	48h	72h	96h	120h	6h	12h	24h	48h	72h	96h	120h
3 essais moyenne	10ul	0	0	0,33 333 333	0,3 333 333 3	0,66 666 667	0,66 6666 667	0,666 6666 7	0%	0%	3%	3%	7%	7%	7%
	20ul	0	0	0,33 333 333	0,6 666 666 7	1,33 333 333	1,33 3333 333	1,333 3333 3	0%	0%	3%	7%	13%	13%	13%
	30ul	0	0	0,66 666 667	0,6 666 666 7	1,33 333 333	1,33 3333 333	1,333 3333 3	0%	0%	7%	7%	13%	13%	13%
	40ul	0	0	0,33 333 333	0,3 333 333 3	1,66 666 667	1,66 6666 667	2	0%	0%	3%	3%	17%	17%	20%
	50ul	0	0	0	0	1,66 666 667	2	2	0%	0%	0%	0%	17%	20%	20%

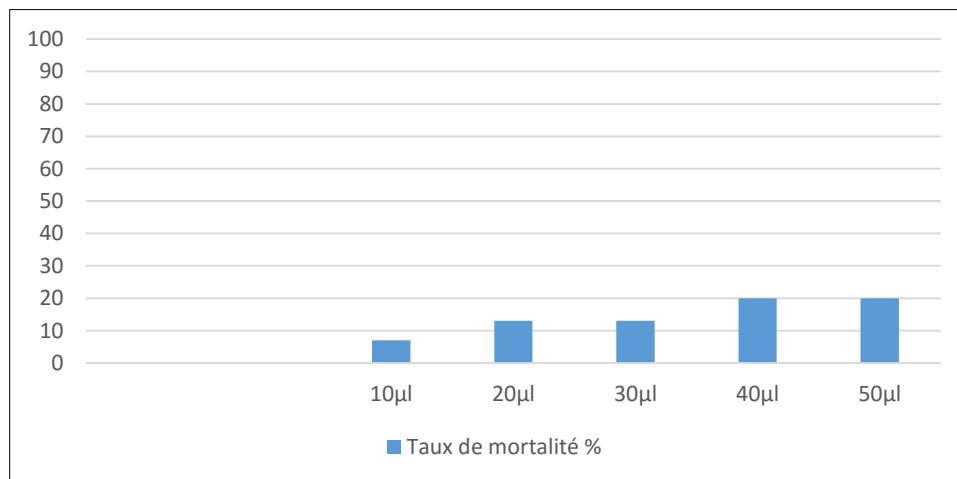


Figure 30 : Activité insecticide d'hydrolats de schinus molle sur *Dactylopius opuntiae*

**Interprétation**

Notre étude a examiné les résultats des tests de mortalité de *Dactylopius opuntiae*, exposée à différentes concentrations d'hydrolats de *Schinus molle* sur une période allant de 6 heures à 120 heures.

On observe également que des concentrations plus élevées tendent à accroître la mortalité. À 50 ul, la mortalité atteint 20% après 120 heures, contre seulement 7% à 10 ul pour

la même période. Cependant, malgré cette tendance, l'efficacité des hydrolats de *Schinus molle* reste faible. Les taux de mortalité ne dépassent pas 20%, même après une exposition prolongée de 120 heures, ce qui suggère que les hydrolats de *Schinus molle* ne sont pas très efficaces pour tuer *Dactylopius opuntiae* par contact.

Résultats, bien que l'augmentation de la concentration et du temps d'exposition améliore légèrement le taux de mortalité, les hydrolats de *Schinus molle* ne semblent pas être une solution très efficace pour contrôler *Dactylopius opuntiae*.

#### 4 Activité insecticides de la poudre végétale de *schinus molle* sur *Dactylopius opuntiae*

Les données concernant la toxicité de poudre végétale de *Schinus molle* sur *Dactylopius opuntiae* par contact sont résumées dans les tableaux ci-dessous :

**Tableau 19** : Activité insecticides de la poudre de *schinus molle*

Essais	Concentration	Nombre d'individus décédés						Taux de mortalité %					
		6h	12h	24h	48h	72h	96h	6h	12h	24h	48h	72h	96h
1	2g	0	0	1	4	8	10	0%	0%	10%	40%	80%	100%
	4g	0	0	2	2	8	10	0%	0%	20%	20%	80%	100%
	6g	0	0	4	4	10	10	0%	0%	40%	40%	100%	100%
	8g	0	0	3	4	10	10	0%	0%	30%	40%	100%	100%
	10g	0	0	4	5	10	10	0%	0%	40%	50%	100%	100%
2	2g	0	0	2	4	10	10	0%	0%	20%	40%	100%	100%
	4g	0	0	3	3	10	10	0%	0%	30%	30%	100%	100%
	6g	0	0	2	3	7	10	0%	0%	20%	30%	70%	100%
	8g	0	0	2	4	10	10	0%	0%	20%	40%	100%	100%
	10g	0	0	3	3	10	10	0%	0%	30%	30%	100%	100%
3	2g	0	0	1	3	7	10	0%	0%	10%	30%	70%	100%
	4g	0	0	2	3	10	10	0%	0%	20%	30%	100%	100%
	6g	0	0	2	2	8	10	0%	0%	20%	20%	80%	100%
	8g	0	0	3	3	10	10	0%	0%	30%	30%	100%	100%
	10g	0	0	2	3	10	10	0%	0%	20%	30%	100%	100%

Tableau 20 : la moyenne de mortalité par la poudre végétale de schinus molle par contact

Essais	Concentration	Nombre d'individus décédés						Taux de mortalité %					
		6h	12h	24h	48h	72h	96h	6h	12h	24h	48h	72h	96h
3 essai s moye nne	2g	0	0	2,66 666 667	3	8,33 333 333	10	0%	0%	27%	30%	83%	100 %
	4g	0	0	1,33 333 333	3,66 666 667	8,33 333 333	10	0%	0%	13%	37%	83%	100 %
	6g	0	0	2,33 333 333	2,66 666 667	9,33 333 333	10	0%	0%	23%	27%	93%	100 %
	8g	0	0	2,66 666 667	3,66 666 667	10	10	0%	0%	27%	37%	100 %	100 %
	10g	0	0	3 666 667	3,66 666 667	10	10	0%	0%	30%	37%	100 %	100 %

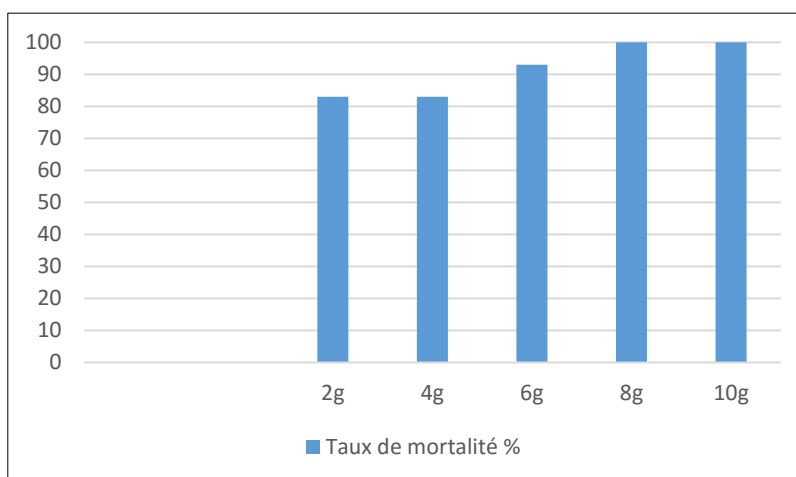


Figure 31 : Activité insecticides de la poudre de *schinus molle*

**Interprétation**

Les observations de cette étude montrent que la poudre végétale de *Schinus molle* a un effet significatif sur la mortalité des ravageurs de *Dactylopius opuntiae*. À des concentrations de 2g à 10g, la mortalité augmente progressivement avec le temps, atteignant 100% après 96 heures pour toutes les concentrations. Par exemple, à une concentration de 2g, la mortalité passe de 27% après 24 heures à 100% après 96 heures. Des tendances similaires sont observées pour les autres concentrations.

Le résultat est que la poudre de *Schinus molle* se révèle très efficace pour contrôler les populations de *Dactylopius opuntiae*, démontrant son potentiel en tant qu'agent de lutte biologique contre ce ravageur.

## 5 Discussion

L'huile essentielle de *Schinus molle*, appliquée par contact, entraîne une mortalité de 100% des *Dactylopius opuntiae* après seulement 12 heures aux concentrations de 15  $\mu\text{L}$ , 20  $\mu\text{L}$ , 25  $\mu\text{L}$  et 30  $\mu\text{L}$ . Aux concentrations de 5  $\mu\text{L}$ , 7  $\mu\text{L}$  et 10  $\mu\text{L}$ , la mortalité atteint 100% après 48 heures. En revanche, par inhalation, le taux de mortalité maximal atteint seulement 23% à une concentration de 30  $\mu\text{L}$  après 120 heures.

Nos résultats concordent avec ceux rapportés par **Droueche (2023)**, qui a étudié l'huile essentielle d'*Eucalyptus* pour combattre *Dactylopius*. Les résultats qu'il a obtenus par contact montrent qu'une concentration de 15  $\mu\text{L}$  a entraîné un taux de mortalité de 100% chez *Dactylopius opuntiae* après 12 heures. Par inhalation, les doses de 5  $\mu\text{L}$ , 10  $\mu\text{L}$  et 15  $\mu\text{L}$  n'ont pas entraîné de taux de mortalité significatifs, atteignant seulement 20% après 72 heures de surveillance.

En outre, nos résultats sont comparables à ceux de **Seddiki (2023)**, qui a étudié l'huile essentielle de *Laurus nobilis* comme moyen de contrôle de *Dactylopius*. Les résultats qu'il a obtenus par contact montrent qu'une concentration de 20  $\mu\text{L}$  a entraîné une mortalité de 100% après 24 heures. Par inhalation, à une concentration de 30  $\mu\text{L}$ , le taux de mortalité de *Dactylopius opuntiae* variait entre 10% et 20% après une période de surveillance de 48 heures.

Concernant les hydrolats, à une concentration de 50  $\mu\text{L}$ , la mortalité atteint 20% après 120 heures, tandis qu'à 10  $\mu\text{L}$ , elle n'est que de 7% pour la même période.

La lutte naturelle avec La poudre végétale de *Schinus molle* démontre une efficacité élevée, atteignant 100% de mortalité après 96 heures à des concentrations de 2 g à 10 g, indiquant un contrôle efficace des populations de *Dactylopius opuntiae*.

Tous les résultats obtenus démontrent l'efficacité de l'huile essentielle et de la poudre végétale de *Schinus molle* comme agent de contrôle biologique contre *Dactylopius opuntiae*, avec une efficacité variable selon la méthode d'application et la concentration utilisée .

# ***Conclusion***

Cette étude sur la toxicité de l'huile essentielle de *Schinus molle* appliquée par contact a démontré son efficacité notable contre le ravageur *Dactylopius opuntiae*. Les résultats varient selon la concentration appliquée.

En cas de concentration de 5 µL, l'huile essentielle de *Schinus molle* provoque un taux de mortalité de 17 % après 6 heures, puis atteint 100 % après 48 heures.

Lorsqu'elle est appliquée à une concentration de 7 µL, le taux de mortalité augmente à 20% après 6 heures et atteint également 100% après 48 heures.

Pour une concentration de 10 µL, la mortalité est de 33% après 6 heures, atteignant à nouveau 100% après 48 heures. À 13 µL, la mortalité est de 30% après 6 heures et atteint 100% après 48 heures.

Les concentrations plus élevées de 15 µL, 20 µL, 25 µL et 30 µL démontrent une efficacité particulièrement rapide, avec un taux de mortalité de 100% après seulement 12 heures. Et La dose létale médiane (DL50) mesurée dans notre étude est de 4,468 µL, indiquant une toxicité significative de cette huile contre *Dactylopius opuntiae*.

En ce qui concerne la poudre végétale de *schinus molle* , elle a également été efficace, parvenant à induire une mortalité de 100% après 96 heures à des concentrations de 2g à 10g. Cependant, il est à noter que la poudre agit de manière plus lente que l'huile essentielle. Quant aux hydrolats, leur efficacité a été relativement faible. Même à des concentrations élevées, la mortalité des insectes n'a pas dépassé 20% après 120 heures d'exposition.

étude conclut que l'huile essentielle de *Schinus molle*, appliquée par contact, est plus efficace dans le contrôle de *Dactylopius opuntiae*. En plus de son efficacité dans le contrôle des ravageurs, cette huile essentielle est également bénéfique de par ses propriétés naturelles. Elle offre une alternative respectueuse de l'environnement aux pesticides chimiques, ce qui est essentiel pour la préservation de l'écosystème et la santé humaine. De plus, ses propriétés insecticides sont prometteuses pour une utilisation durable en agriculture biologique et dans la lutte contre d'autres ravageurs agricoles. Ainsi, l'huile essentielle de *Schinus molle* se distingue comme une solution écologique et efficace pour la gestion des ravageurs, contribuant à la protection des cultures et à la durabilité agricole.

# *Référence*

1. **Ait Ammar, S., Amrani, D., & Ouannoughi, K., 2022** - Optimisation d'une méthode d'extraction des composés phénoliques dans les différents organes de figuier de barbarie: *Opuntia ficus indica* (L).
2. **Akkol, E. K., Ilhan, M., Karpuz, B., Genç, Y., & Sobarzo-Sánchez, E., 2020** - Sedative and anxiolytic activities of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill.: An experimental assessment in mice. *Molecules*, 25(8), 1844.
3. **Andreu, L., Nuncio-Jáuregui, N., Carbonell-Barrachina, Á. A., Legua, P., & Hernández, F., 2018** - Antioxidant properties and chemical characterization of Spanish *Opuntia ficus-indica* Mill. cladodes and fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(4). pp: 1566-1573.
4. **Angulo-Bejarano, P. I., Martínez-Cruz, O., & Paredes-López, O., 2014** - Phytochemical content, nutraceutical potential and biotechnological applications of an ancient Mexican plant: nopal (*Opuntia ficus indica*). *Current Nutrition & Food Science*, 10(3). pp: 196-217.
5. **Aoued, F., Touil, C., & Tadjer, Z. (2020)**. Extraction et caractérisation du mucilage issu des jeunes cladodes de figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*) de la région de Tissemsilt.
6. **Aragona, M., Lauriano, E. R., Pergolizzi, S., & Faggio, C. J. N. P. R., 2018** - *Opuntia ficus indica* (L.) Miller as a source of bioactivity compounds for health and nutrition. *Natural product research*, 32(17). pp : 2037-2049.
7. **Attouche, H., & Djaroun, D., 2017**- Activité insecticide des poudres des feuilles du Faux Poivrier (*Schinus molle* L.) et du Lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) sur la bruche du haricot commun *Acanthoscelides obtectus* Say.(Coleoptera: Chrysomelidae) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
8. **Badii, M. H., & Flores, A. E., 2001** - Prickly pear cacti pests and their control in Mexico. *Florida Entomologist*, pp : 503-505.
9. **Batista, L. C. D. S., Cid, Y. P., De Almeida, A. P., Prudêncio, E. R., Riger, C. J., De Souza, M. A., ... & Chaves, D. S., 2016** - In vitro efficacy of essential oils and extracts of *Schinus molle* L. against *Ctenocephalides felis felis*. *Parasitology*, 143(5). pp : 627-638.
10. **Benabadji, N., & Bouazza, M., 2000** - Quelques modifications climatiques intervenues dans le Sud-Ouest de l'Oranie (Algérie Occidentale). *Journal of Renewable Energies*, 3(2). pp : 117-125.
11. **Benattia, F. K., 2017** - Analyse et applications des extraits de pépins de figes de barbarie (Doctoral dissertation, Université de Tlemcen-Abou Bekr Belkaid).
12. **BENMEDDAH, A., 2015** - La monographie Agricole de la daïra de Remchi. Rapport de stage pratique. 16 p.
13. **Bouanani, A. B. D. E. R. R. A. Z. A. K., 2004** - Hydrologie, transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna (NW Algérie). Doctorat d'Etat en hydrogéologie, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie.
14. **Bouizem, I., & Boudaoud, S., 2019** - Etude de la réhabilitation du réseau d'AEP de Remchi (Doctoral dissertation).
15. **Boutakiout, A., 2015** - Etude physico-chimique, biochimique et stabilité d'un nouveau produit: jus de cladode du figuier de Barbarie marocain (*Opuntia ficus indica* et *Opuntia megacantha*) (Doctoral dissertation, Angers).

16. **Chaalal, M., Touati, N., & Louaileche, H., 2012** - Extraction of phenolic compounds and in vitro antioxidant capacity of prickly pear seeds. *Acta botanica gallica*, **159(4)**. pp : 467-475.
17. **Chávez-Moreno, C. K., Tecante, A., Fragoso-Serrano, M., & Pereda-Miranda, R. 2010** - Metabolic profiling of *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) species pigments by geographical origin and hosts using multivariate data analysis. *Biochemical Systematics and Ecology*, **38(4)**. pp : 671-679.
18. **Cobix Herrera, J. C. 2023-** Evaluación de aceites vegetales naturales para el control poblacional de cochinilla silvestre del nopal *Dactylopius opuntiae* en laboratorio.
19. **De Lotto, G. 1974** - On the status and identity of the cochineal insects (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*, **37(1)**, 167-193.
20. **De Oliveira, F. T., Souto, J. S., da Silva, R. P., de Andrade Filho, F. C., & Júnior, E. B. P. 2010** - Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, **5(4)**. P : 4.
21. **Delgadillo, V. I., González, M. A., & Rivera, R., 2008** - Manejo fitosanitario del nopal verdura en Milpa Alta, Distrito Federal. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal (CESAVEDF).
22. **Derriche, Z., Iguechtal, L., & Tas, M., 1999** - Comportement des ouvrages dans les argiles expansives d'In-Aménas. *Revue française de géotechnique*, (89), 55-65.
23. **Dikshit, A., Naqvi, A. A., & Husain, A., 1986** - *Schinus molle*: a new source of natural fungitoxicant. *Applied and Environmental Microbiology*, **51(5)**, 1085-1088.
24. **Djellouli, Y., & Djebaili, S. 1984** -Synthèse sur les relations flore-climat en zone aride Cas de la Wilaya de Saïda. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*, **131(2-4)**. pp :249-264.
25. **El Aalaoui, M., Bouharroud, R., Sbaghi, M., El Bouhssini, M., & Hilali, L.,2019** - Predatory potential of eleven native Moroccan adult ladybird species on different stages of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell)(Hemiptera: Dactylopiidae). *EPPO Bulletin*, **49(2)**. Pp : 374-379.
26. **El Aalaoui, M., Mokrini, F., Dababat, A. A., Lahlali, R., & Sbaghi, M., 2022** - Moroccan entomopathogenic nematodes as potential biocontrol agents against *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae). *Scientific Reports*, **12(1)**. Pp :7590.
27. **El Bouhissi, M., Ghifar, M., Sadine, S. E., & Gachi, M., 2022** - Note sur la présence de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) sur le figuier de Barbarie en Algérie (Hemiptera: Dactylopiidae). *Annales de la Recherche Forestière en Algérie*, **12(1)**. pp : 1-6.
28. **Eryigit, T., Yildirim, B., Ekici, K., & Çirka, M., 2017-** Chemical composition, antimicrobial and antioxidant properties of *Schinus molle* L. essential oil from Turkey. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, **20(2)** . pp: 570-577.
29. **Ezzahraa, E. M. F., 2022** - Evaluation du pouvoir insecticide et fongicide des souches bactériennes isolées des racines du cactus vis-à-vis de la cochenille du cactus (*Dactylopius opuntiae*) et de champignons phytopathogènes.
30. **Faouzi, H., 2015** -Le figuier de Barbarie (l'Opuntia ficus indica): un produit de terroir pour le développement local? Aknari des Aït Baâmrane (Anti-Atlas occidental, Maroc). *Les Cahiers d'Outre-Mer*, **271** . pp : 375 -400.

31. **Faurie, C., 2011** - Écologie Approche scientifique et pratique (6e ed.). Lavoisier.
32. Ghédira, K., & Goetz, P. (2018). Figuier de barbarie: *Opuntia ficus indica* (Cactaceae). *Phytothérapie*, **16(6)**. pp : 374.
33. **Granata, G.; Sidoti, A., 2002** - SURVEY OF DISEASES DISCOVERED ON *OPUNTIA FICUS INDICA* IN PRODUCER COUNTRIES. *Acta Horticulturae*, **(581)**. pp : 231–237
34. **Guerdough, S., & Roula, M. E., 2020** - Etude phytochimique et activité antibactérienne de *Schinus molle* L (Doctoral dissertation, Université de Jijel).
35. **Herrera-Calderon, O., Chavez, H., Enciso-Roca, E. C., Común-Ventura, P. W., Hañari-Quispe, R. D., Figueroa-Salvador, L., ... & Batiha, G. E. S., 2022**- GC-MS Profile, Antioxidant Activity, and In Silico Study of the Essential Oil from *Schinus molle* L. Leaves in the Presence of Mosquito Juvenile Hormone-Binding Protein (MJHBP) from *Aedes Aegypti*. *BioMed Research International*, 2022.
36. **Inglese, P., 2018** - Ecologie, Culture Et utilisations du Figuier De Barbarie. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
37. **Inglese, P., Barbera, G., & La Mantia, T., 1995** - Research strategies for the improvement of cactuspear (*Opuntia ficus indica*) fruit quality and production. *Journal of Arid Environments*, **29(4)**. pp : 455-468.
38. **Joker, D., Cruz, N.T., Morales, U.M. et Rojas, E., 2002** - *Schinus molle* L., Seed leaflet, No. 57 January 2002, Danida Forest Seed Centre And Banco De Semillas Forestales – Bolivia
39. **Jurewicz, J., & Hanke, W., 2008** - Prenatal and childhood exposure to pesticides and neurobehavioral development: review of epidemiological studies. *International journal of occupational medicine and environmental health*, **21(2)**. Pp : 121-132.
40. **KAID SLIMANE, L., 2000** - Etude de la relation sol-vegetation dans la region nord des monts de Tlemcen.
41. **Kaloma A., Kitambala., Ndjango N.L., Sinzahera U. Et Paluku T., 2008** - Effet des poudres d'*Eucalyptus citriodora*, de *Cupressus Lucitanica* et de *Tagetas minitiflora* dans la conservation du maïs (*Zea mays*) et du haricot (*Phaseolus vulgaris*) dans les conditions de Rethy (République démocratique du congo). *Tropicultura* **26(1)** pp: 24-27.
42. **Kasimala, M. B., & Kasimala, B. B., 2012** A review on Brazilian pepper plant: *Schinus molle*. *Journal of Atoms and Molecules*, **2(2)**. p: 6.
43. Kumar, S. 2012. Biopesticides: a need for food and environmental safety. *J Biofertil Biopestic*, **3(4)**, 1-3.
44. **López, A., Castro, S., Andina, M. J., Ures, X., Munguía, B., Llabot, J. M., ... & Domínguez, L., 2014** - Insecticidal activity of microencapsulated *Schinus molle* essential oil. *Industrial Crops and Products*, **53**. pp: 209-216.
45. **Martins, Maria do Rosário; Arantes, Silvia; Candeias, Fátima; Tinoco, Maria Teresa; Cruz-Morais, Júlio (2014)**. Antioxidant, antimicrobial and toxicological properties of *Schinus molle* L. essential oils. *Journal of Ethnopharmacology*, **151(1)**. Pp : 485–492. doi:10.1016/j.jep.2013.10.063
46. **Mary, C., & Baron, C., 2019** - Bases moléculaires de l'infection de plantes par *Agrobacterium tumefaciens* via un système de sécrétion de type IV. *Biochemistry and Cell Biology*, **97(3)**. pp : 215-223.

47. **Mazari, A., & Mahdeb, A., 2021** - Importance nutritionnelle et agro-économique des produits issus du figuier de barbarie: revue de la littérature. *Recherche Agronomique*, **19**. pp: 43-63.
48. **Mdweshu, L., & Maroyi, A., 2020** - Local ecological knowledge of invasive alien species *Opuntia ficus indica* in three Local Municipalities in the Eastern Cape province, South Africa. *Ecol Environ Conserv*, **26**. pp: 457-466.
49. **Medina-García, G., Zegbe, J. A., Ruiz-Corral, J. A., Casa-Flores, J. I., & Rodríguez-Moreno, V. M. 2021** - Influence of climate change on thermal requirements of cactus pear (*Opuntia* spp.) in Central-Northern of Mexico. *Revista bio ciencias*, **8**.
50. **Neffar, S., 2012** - Etude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica* L. Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et végétation) des steppes algériennes de l'Est. Cas de Souk-ahras et Tébessa (Doctoral dissertation, Annaba).
51. **Nobel, P. S. (Ed.), 2002** - *Cacti: biology and uses*. Univ of California Press.
52. **Paul-Fils, W. R., Gómez-Domínguez, N. S., Rodríguez-Leyva, E., Lomeli-Flores, J. R., & Muraira-Soto, M., 2021** - Cría de *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) en cladodios de nopal para incrementar a sus depredadores. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, **19(2)**. pp : 000-000.
53. **Ramade, F., 1984** - *Ecologie fondamentale*. Ed. Mac Graw Hill, Paris, 362p.
54. **Remaoun, K., 2003** - Le bassin-versant de l'Oued Tafna (Algérie occidentale): mise en place du réseau hydrographique et processus morphogéniques à l'origine de l'organisation du bassin. *Collection EDYTEM. Cahiers de géographie*, **1(1)**. Pp : 73-82.
55. **Rouibi, A., Saidi, F., & Boutoumi, H., 2009, March** - Identification par CG/MS et détermination des effets antimicrobiens des huiles essentielles du faux poivrier (*Schinus molle* L.). In *International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants-SIPAM2009* 853 (pp. 219-228).
56. **Sabtain, B., Farooq, R., Shafique, B., Modassar, M., & Ranjha, A. N., 2021** - A narrative review on the phytochemistry, nutritional profile and properties of prickly pear fruit. *Open Access J. Biog. Sci. Res*, **7**.
57. **Sari Ali, A., 2004** - "Etude des relations sol-végétation de quelques halophytes dans la région Nord de Remchi ". *Mémoire Magistère*, Université Tlemcen.
58. **Scarano, P., Naviglio, D., Prigioniero, A., Tartaglia, M., Postiglione, A., Sciarrillo, R., & Guarino, C. (2020)**. Sustainability: Obtaining natural dyes from waste matrices using the prickly pear peels of *Opuntia ficus indica* (L.) Miller. *Agronomy*, **10(4)**. p: 528.
59. **Vanegas Rico, J. M., 2009** - Dinámica poblacional de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) y sus enemigos naturales en Tlalnepantla, Morelos.
60. **Vanegas-Rico, J. M., Lomeli-Flores, J. R., Rodríguez-Leyva, E., Mora-Aguilera, G., & Valdez, J. M., 2010** - Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus indica* (L.) Miller en el centro de México. *Acta zoológica mexicana*, **26(2)**. pp :415-433.
61. **Vera-Ponce de León, A., Sanchez-Flores, A., Rosenblueth, M., & Martínez-Romero, E., 2016** - Fungal community associated with *Dactylopius* (Hemiptera:

- Coccoidea: Dactylopiidae) and its role in uric acid metabolism. *Frontiers in Microbiology*, **7**. Pp : 197010.
62. **Xiao-hua Yao; Hang Min; Zhen-hua Lü; Hai-ping Yuan., 2006** - Influence of acetamiprid on soil enzymatic activities and respiration. , **42(2)**. Pp: 0–126.
63. **Zahed, N., Hosni, K., Ben Brahim, N., Kallel, M., & Sebei, H., 2010** - Allelopathic effect of *Schinus molle* essential oils on wheat germination. *Acta physiologiae plantarum*, **32.**, pp : 1221-1227.
64. Zerrouk, M. Mise en valeur des huiles essentielles des plantes aromatiques Algériennes (*Schinus molle*) (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH–OUARGLA).
65. **Zimmermann, H. G., & Granata, G., 2002** - Insect pests and diseases. *Cacti: biology and uses*, pp: 235-254.
66. **DROUECHE, M., 2023** - 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, p : 59.
67. **SEDDIKI, N., 2023** - Etude de la bioécologie d'*Opuntia ficus indica* L. dans la région de Tlemcen et l'effet de la diatomite dans la lutte contre *Dactylopius opuntiae*, son principal ravageur, p : 57

Site web :

<https://new.societechimiquedefrance.fr/wp-content/uploads/2020/10/2019-444-445-oct.-nov.-p50-morlet-savary-hd.pdf>

<https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC180282/>

<https://inpv.edu.dz/assets/images/articleI103.pdf>

<https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/alger-port/60369.html>

**ملخص :** لمكافحة *Dactylopius opuntiae* بشكل طبيعي، وهو الآفة الرئيسية لـ *Opuntia ficus indica* في منطقة تلمسان، استخدمنا الزيت الأساسي، العطري المائي، ومسحوق النبات من *Schinus molle*. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير هذه المستخلصات كمبيد حشري ضد الآفة الرئيسية لـ *Opuntia ficus indica*. أظهرت نتائج التجارب فعالية الزيت الأساسي *Schinus Molle* عند استخدامه عن طريق التلامس بتركيزات عالية من 15 ميكرو لتر، 20 ميكرو لتر، 25 ميكرو لتر و 30 ميكرو لتر، مع معدل وفيات بلغ 100% بعد 12 ساعة فقط. تشير الجرعة القاتلة المتوسطة (DL50) التي تبلغ 4.468 ميكرو لتر إلى سمية كبيرة لهذا الزيت ضد *Dactylopius Opuntiae*. بالمقارنة مع الماء العطري ومسحوق النبات، أظهر الزيت الأساسي *Schinus Molle* فعالية مبيدة للحشرات أكبر ضد *Dactylopius Opuntiae*.

**الكلمات المفتاحية:** *Opuntia ficus-indica*، *Dactylopius opuntiae*، *Schinus Molle*، الزيت الأساسي، العطري المائي، مسحوق نباتي.

**Resumé :** Pour mener une lutte naturelle contre *Dactylopius opuntiae*, principal ravageur de l'*Opuntia ficus indica* dans la région de Tlemcen, nous avons utilisé l'huile essentielle, l'hydrolat et la poudre végétale de la plante *Schinus molle*. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet insecticide de ces extraits contre le principale ravageur du figuier de Barbarie .

Les resultats des essais ont démontré l'efficacité de l'huile essentielle de *Schinus molle* est particulièrement efficace lorsqu'elle est utilisée par contact à des concentrations élevées de 15 µL, 20 µL, 25 µL et 30 µL, démontrant une efficacité remarquable avec un taux de mortalité de 100 % après seulement 12 heures. La dose létale médiane (DL50) mesurée dans notre étude est de 4,468 µL, ce qui indique une toxicité significative de cette huile contre *Dactylopius opuntiae*.

En comparaison avec l'hydrolat et la poudre végétale, l'huile essentielle de *Schinus molle* a présenté une efficacité insecticide supérieure contre *Dactylopius opuntiae*.

**Mots clé :** *Opuntia ficus indica*, *Dactylopius opuntiae*, *Schinus molle*, huile essentielle hydrolat, la poudre végétale.

**Abstract :** To carry out a natural fight against *Dactylopius opuntiae*, the main pest of *Opuntia ficus indica* in the Tlemcen region, we used the essential oil, hydrosol, and vegetable powder of the *Schinus Molle* plant. The objective of this study is to evaluate the insecticidal effect of these extracts against the main pest of the prickly pear.

The test results demonstrated that *Schinus Molle* essential oil is particularly effective when used by contact at high concentrations of 15 µL, 20 µL, 25 µL, and 30 µL, showing remarkable effectiveness with a 100% mortality rate after just 12 hours. The median lethal dose (LD50) measured in our study is 4.468 µL, which indicates significant toxicity of this oil against *Dactylopius opuntiae*.

Compared to the hydrosol and plant powder, the essential oil of *Schinus Molle* showed higher insecticidal effectiveness against *Dactylopius opuntiae*.

**Key words :** *Opuntia ficus indica*, *Dactylopius opuntiae*, *Schinus molle*, essential oil, hydrolat, plant powder.

