

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي République Algérienne Démocratique et Populaire



Université de Abdelhamid  
Ibn Badis Mostaganem  
Faculté de sciences de la  
Nature et de la vie



إبن الحميد عبد جامعة  
باديس مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة



DÉPARTEMENT DE SCIENCES AGRONOMIQUES

## Mémoire de fin d'études

Présenté par :

Oumar Alioune N'dyiae

Pour l'obtention du diplôme du

Master en Protection des Végétaux

THÈME

Évaluation de l'effet bioinsecticide de l'extrait hydroalcoolique de *Chrysanthemum coronarium* sur trois bioagresseurs : *Aphis spiraecola*, *Aphis fabae* et *Dactylopius opuntiae*

Soutenu le 30 juin 2025 devant le jury :

Président:	Dr. LABDAOUI Djamel	UMAB Mostaganem
Examinatrice:	Dr. HAMZA Lahouaria	UMAB Mostaganem
Promotrice:	Pr. BOUALEM Malika	UMAB Mostaganem
Co- promotrice :	Mlle KEDDAR Fayza	Doctorante Université de Chlef
Invitée :	Mme ABDERRAHMANE Naima	Conservation des forêt, Mostaganem

Année universitaire : 2024/2025

## **Remerciements**

*Je remercie Allah, le Tout-Puissant, de m'avoir donné la capacité de réfléchir et d'écrire, la force de croire en mes rêves et la patience d'aller jusqu'au bout de ce parcours.*

*Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.*

*Avant tout, j'adresse mes remerciements les plus sincères à mon encadrant, **Pr. BOUALEM MALIKA**, pour son accompagnement bienveillant, ses conseils avisés, sa disponibilité et sa patience tout au long de ce travail. Son expertise et sa rigueur scientifique ont été d'un apport précieux à chaque étape de cette recherche.*

*Je tiens également à remercier les membres du jury, **Dr. LABDAOUI Djamel**, président du jury, et **Dr. HAMZA Lahouaria**, pour avoir accepté d'évaluer ce travail. Leur regard critique, leurs remarques pertinentes et leur disponibilité ont grandement contribué à l'enrichissement de ce mémoire.*

*Je tiens à remercier **Mme ABDERRAHMANE Naima**, représentante de la conservation des forêts de Mostaganem pour l'honneur que vous me faite en évaluant ce travail.*

*Mes remerciements s'adressent également à **Mlle KEDDAR Fayza**, doctorante à l'université de Chlef pour l'aide et le soutien qu'elle m'a apporté durant ce travail.*

*Je n'oublie pas mes collègues et amis, **ASSANE CISSE BAYE, FALL DIALLO GAL N'DIAYE, IBA DIOP**, pour leur soutien moral, leurs encouragements constants et les moments de partage qui ont apporté chaleur et motivation durant les phases les plus exigeantes de cette aventure.*

*Enfin, je dédie ce travail à ma famille, et tout particulièrement à ma famille **N'DIAYE** sur mon cœur **MAMAN N'DEYE FALL N'DIAYE**, pour leur amour inconditionnel, leur patience et leurs nombreux sacrifices. Leur soutien indéfectible a été la clé de ma persévérance.*

*À toutes et à tous, je vous adresse mes plus sincères remerciements*

## ***Dédicaces***

*Je dédie ce travail avec tous mes amour :*

***À ma-mère-*** *N'deye fall amadou fall n'diaye et ma-tante magatte  
amadou fall n'diaye, dont les valeurs, la sagesse et les prières  
m'accompagnent chaque jour.*

***À mes grands frères*** *Gal ,Magatte, Mbarack, Baye niang, Baye ndioour  
(Ndiaye) et Tapha Sen, Badiane (Dieye), et*

***A mes petits frères,*** *Abdoulaye ndiaye ,Ibrahima ,Salama fall Mohmed ,  
Armar samb et mes*

***A mes cousines*** *Fatou Diop Dieye, Arwa Dieye*

***A mes cousins*** *Saliou Dieye Iba diop Aass niang etc bien-aimés, pour  
leur amour inconditionnel, leurs sacrifices et leur soutien indéfectible.*

***À mes oncles ;*** *Minourou n'diaye , Elhadji tidiane n'diaye,*

***À mes sœurs :*** *Nguissally N'diaye, Colle n'diaye ,Maimouna n'diaye,  
Ndeye fall boudarw,pour leur bienveillance et leurs conseils.*

***A mes chers amis*** *Baye fall diallo ,Assane cisse, Ngalandou n'diaye  
Massar n'diaye, Iba diop, pour leur amitié sincère, leur soutien et les  
moments partagés.*

## Résumé

Cette étude évalue le potentiel insecticide des extraits polyphénoliques de *Chrysanthemum coronarium* L. vis-à-vis de trois insectes nuisibles : *Aphis spiraecola*, *Aphis fabae* et *Dactylopius opuntiae*. L'extraction des polyphénols a été obtenue par l'extracteur Soxhlet, puis l'extrait a été testé *in vitro* à des concentrations comprises entre 5 % et 50 %. Les résultats révèlent une efficacité dépendante de la dose, avec des valeurs de DL<sub>50</sub> respectives de 3,46 %, 27,62 % et 21,76 % pour les espèces ciblées. Des concentrations supérieures à 30 % ont induit une mortalité totale en moins de 48 heures, tandis que les doses plus faibles ont nécessité une durée d'exposition plus longue pour atteindre une efficacité comparable. Ces observations suggèrent que les composés bioactifs présents dans *C. coronarium* pourraient constituer une alternative prometteuse aux insecticides de synthèse dans les stratégies de lutte biologique.

**Mots-clés :** *Chrysanthemum coronarium*, extraits polyphénoliques, activité insecticide, *Aphis spiraecola*, *Aphis fabae*, *Dactylopius opuntiae*

**Abstract:**

This study evaluates the insecticidal potential of polyphenolic extracts from *Chrysanthemum coronarium* L. against three pest insects: *Aphis spiraeicola*, *Aphis fabae*, and *Dactylopius opuntiae*. Polyphenols were extracted using a Soxhlet apparatus, and the extract was then tested *in vitro* at concentrations ranging from 5% to 50%. The results reveal a dose-dependent efficacy, with respective LD<sub>50</sub> values of 3.46%, 27.62%, and 21.76% for the targeted species. Concentrations above 30% induced complete mortality within 48 hours, while lower doses required prolonged exposure to achieve similar lethal effects. These findings suggest that the bioactive compounds in *C. coronarium* may serve as promising biological control agents, offering an alternative to synthetic pesticides.

**Keywords:** *Chrysanthemum coronarium*, polyphenolic extracts, insecticidal activity, *Aphis spiraeicola*, *Aphis fabae*, *Dactylopius opuntiae*

## ملخص

فحصت هذه الدراسة إمكانات المبيدات الحشرية للمستخلصات الكحولية المائية من نبات الأقحوان كوروناريوم ل. ضد ثلاثة أنواع من الآفات: أفيس سبيريكولا، أفيس فاباي وداكتيلوبيوس أوبونتيا. تم إجراء عملية استخلاص سوكلية جهاز باستخدام (Soxhlet)، تليها تقييمات في المختبر بتركيزات تتراوح من 5% إلى 50%. تشير النتائج إلى فعالية تعتمد على الجرعة، حيث بلغت قيم الجرعة المميتة لكل نوع من الأنواع المستهدفة 3.46% و 27.62% و 21.76% لكل نوع مستهدف. وأدت التركيزات التي تزيد عن 30% إلى نفوق كامل في غضون 48 ساعة، بينما تطلبت الجرعات الأقل تعرضاً لفترات طويلة لتحقيق تأثيرات مميتة مماثلة. تشير التحاليل إلى أن المركبات النشطة بيولوجياً الموجودة في الأقحوان الكوروناريوم يمكن أن تعمل كعوامل مكافحة بيولوجية، مما يوفر بديلاً للمبيدات الاصطناعية.

**المفتاحية الكلمات:** *Chrysanthemum coronarium*، الحشرية الفعالية، الفينولات متعددة مستخلصات، *Aphis spiraeicola*، *Aphis fabae*، *Dactylopius opuntiae*

## Liste des tableaux

Tableau 1 Ravageurs des agrumes en Algérie.....	7
---	---

## Liste des figures

Figure 1 Aspect général d'une plante genre <i>Citrus</i> .....	3
Figure 2 Fleurs des agrumes .....	4
Figure 3 Fruit d'oranger et de citronnier .....	5
Figure 4 Différentes parties de la fève .....	9
Figure 5 Répartition de <i>Dactylopus Opuntiae</i> .....	13
Figure 6 Chancre gommeux .....	14
Figure 7 Points d' <i>Alternaria</i> (Tunisie) .....	15
Figure 8 Pourriture des fruits causée par <i>Alternaria</i> (Italie) .....	15
Figure 9 Pourriture sèche dorés (Italie) .....	15
Figure 10 Pourriture molle noire (Italie) .....	15
Figure 11 Morphologie d'un puceron sans ailes et ailés .....	17
Figure 12 Cycle évolutif d'un puceron .....	20
Figure 13 Développement de fumagine .....	21
Figure 14 Les dégâts directs d' <i>A. spiraeicola</i> sur les feuilles d'agrume .....	23
Figure 15 Colonie d' <i>A. spiraeicola</i> sur une feuille d'agrumes .....	26
Figure 16 Adulte ailé et aptère .....	26
Figure 17 <i>D. opuntiae</i> .....	28
Figure 18 La localisation d'infestation d' <i>Opuntia ficus indica</i> par <i>D. opuntiae</i> dans la région de Tlemcen .....	29
Figure 19 <i>Chrysanthemum coronarium</i> L.....	32
Figure 20 Chrysanthème à couronne .....	33
Figure 21 Chrysanthème à couronne.....	37
Figure 22 Matériel végétal séché utilisé lors de l'expérimentation .....	38
Figure 23 Verger d'agrume situé à la station expérimentale de l'université de Mostaganem (Mazagran) .....	38
Figure 24 Les pucerons ( <i>A. spiraeicole</i> et <i>A. fabae</i> ) et la cochenille farineuse ( <i>Doctylopius opuntiae</i> ) .....	39
Figure 25 Dispositif soxhlet d'extraction par hydrodistillation. ....	40
Figure 26 Le dispositif de rotavapeur .....	40
Figure 27 Représentation schématique de la méthode d'extraction.....	41
Figure 28 : L'extrait obtenu après élimination du solvant .....	42
Figure 29 La gamme des différentes concentrations de l'extrait .....	43
Figure 30 Préparation des boîtes de Petri pour l'essai .....	44
Figure 31 Essai bioinsecticide d'extrait des feuilles du chrysanthème sur les trois bioagresseurs .....	45
Figure 32 Rendement de l'extrait hydroalcoolique du <i>C. coronarium</i> .....	47
Figure 33 L'évolution du taux de mortalité cumulées <i>A. spiraeicola</i> des feuille chrysanthème corona sur les adultes du puceron .....	48
Figure 34 L'évolution du taux de mortalité corrigée d' <i>A. spiraeicola</i> .....	49
Figure 35 Courbe de régression pour la détermination de la DL <sub>50</sub> de l'extrait hydroalcoolique du <i>C. coronarium</i> sur <i>A. spiraeicola</i> .....	50

Figure 36 L'évolution du taux de mortalité cumulée de chrysanthème corona sur les adultes du puceron ..... 50

Figure 37 Effet de l'extrait méthanolique de chrysanthème corona sur les taux de mortalité corrigée d'*A. fabae* ..... 50

Figure 38 Courbe de régression pour la détermination de la DL<sub>50</sub> de l'extrait hydroalcoolique du *C. coronarium* sur *A. fabae* ..... 51

Figure 39 L'évolution du taux de mortalité cumulée de *C. coronarium* sur la cochenille farineuse (*D. opuntiae*)..... 53

Figure 40 L'évolution du taux de mortalité corrigée de la cochenille farineuse (*D. opuntiae*) traitée à l'extrait hydroalcoolique de *C. coronarium* ..... 53

Figure 41 Courbe de régression pour la détermination de la DL<sub>50</sub> de l'extrait hydroalcoolique du *C. coronarium* sur *D. opuntiae*..... 54

### Tableau des abréviations

Abréviation	Signification
DL <sub>50</sub>	Dose Létale 50 (concentration provoquant 50% de mortalité)
DMSO	Diméthylsulfoxyde (solvant utilisé en extraction)
R1, R2, R3	Répétitions 1, 2, 3 (dans les expérimentations)
T+	Témoin positif (contrôle traité avec solvant pur)
T-	Témoin négatif (contrôle non traité)
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

## Table des matières

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre 1: Synthèse bibliographique sur les plantes hôtes</b> .....	2
<b>I.1 : Plantes hôtes étudiées</b> .....	3
<b>I.1.1. Caractéristiques botaniques</b> .....	3
<b>I.1.2. Position systématique des agrumes</b> .....	4
<b>I.1.3. Espèces et variétés</b> .....	5
<b>I.1.4. Exigences des agrumes</b> .....	5
<b>I.1.5. Maladies et ravageurs des agrumes</b> .....	6
<b>I.1.5.1.1 Maladies bactériennes</b> .....	6
<b>I.2. Généralités sur la plante hôte : <i>Vicia faba</i></b> .....	8
<b>I.2.1. Classification de la fève</b> .....	8
<b>I.2.2. Description de la fève</b> .....	9
<b>I.2.3. Intérêts de la fève</b> .....	10
<b>I.2.4. Maladies fongiques</b> .....	10
<b>I.2.4.2 Taches chocolat</b> .....	10
<b>I.2.4.3 Anthracnose</b> .....	11
<b>I.3. <i>Opuntiae ficus-indica</i></b> .....	11
<b>I.3.1 Position taxonomique du figuier de barbarie :</b> .....	11
<b>I.3.2. Origines et historique du figuier de barbarie</b> .....	12
<b>I.3.3. Morphologie d'<i>O. ficus indica</i></b> .....	14
<b>I.3.4. Maladies fongiques</b> .....	14
<b>I.3.4.1. Pourriture des cladodes et des fruits</b> .....	14
<b>I.3.4.2. Pourriture sèche à alternaria (Alternariose)</b> .....	15
<b>CHAPITRE 2 Généralité sur les Bioagresseurs</b> .....	16
<b>II. Généralité sur les Aphides :</b> .....	17
<b>II.1. 2. Cycle biologique</b> .....	19
<b>II.1. 3. Les dégâts causés par les aphides</b> .....	20
<b>II.1. 3.1. Les dégâts directs</b> .....	20
<b>II.1. 3.2. Les dégâts indirects</b> .....	21
✓ <b>Les virus circulaires (persistants)</b> .....	22
✓ <b>Les virus non circulaires</b> .....	22
✓ <b>Virus non persistants</b> .....	22
✓ <b>Virus semi-persistants</b> .....	22
<b>II.1. 4. Moyens de lutte contre les pucerons</b> .....	23

II.1. 5. Espèces d'aphides étudiées .....	25
II.1. 5.1 <i>Aphis spiraecola</i> : .....	25
II.1. 5.1.2 Morphologie d' <i>A. spiraecola</i> .....	25
II.1. 5.1.3 Cycle biologique d' <i>A. spiraecola</i> .....	26
II.1. 5.2. <i>Aphis fabae</i> :.....	27
II.2. Généralités sur la cochenille du cactus : <i>Dactylopius opuntiae</i> .....	28
II.2.1. Cycle de vie de description .....	29
VII.8 Dégâts en Algérie .....	29
Chapitre 3 La Plante Médicinale <i>Chrysanthemum coronarium</i> .....	31
III. La Plante Médicinale <i>Chrysanthemum coronium</i> L. ....	32
Selon Matelma (2022), le <i>Chrysanthemum coronarium</i> est identifié comme suit : .....	33
III.2. Présentation de la plante et description botanique .....	33
III.3. Habitat et répartition géographique .....	34
III.4. Importance de l'espèce <i>C. coronarium</i> :.....	35
III.4.1. Utilisation du chrysanthème à couronne .....	35
I. Matériel biologique .....	37
I.1. Objectif .....	37
I.2. Matériel végétal.....	37
I.2.1. Séchage et préparation du matériel végétal.....	37
I.2.2. Plantes hôtes traitées .....	38
I.3. Matériel animal.....	38
I.4. Protocole d'extraction des extraits hydroalcooliques (Polyphénols).....	39
I.4.1. Entrainement à la vapeur.....	40
I.4.1.1 Protocole de l'extraction.....	41
I.4.2. Rendement d'extraction .....	41
I.5. Evaluation de l'activité bio-insecticide.....	42
I.5.1. Préparation des dilutions de l'extrait.....	42
I.5.2. Conduite de l'essai <i>in vitro</i> .....	44
Résultats et discussion.....	46
II. Résultats et dicussion .....	47
II.1. Rendement de l'extrait hydroalcoolique .....	47
II.2. L'activité insecticide.....	48
II.2.1. Activité bioinsecticide de l'extrait hydroalcoolique de <i>C. coronarium</i> sur <i>A. Spiraecola</i> .....	48
II.2.1.2. Calcul des doses létales DL50 .....	49
II.2.2. Activité bioinsecticide de l'extrait hydroalcoolique de <i>C. coronarium</i> sur <i>A. fabae</i> ...	50

<b>II.2.2.2. Calcul des doses létales DL50</b> .....	51
<b>II.2.3. Activité bioinsecticide de l'extrait hydroalcoolique de <i>C. coronarium</i> sur cochenille farineuse (<i>Dactylopusis opuntiae</i>)</b> .....	52
<b>II.2.3.2. Calcul des doses létales DL50</b> .....	54
<b>Conclusion</b> .....	55
<b>Références Bibliographiques</b> .....	

## Introduction

Des nuisibles comme les pucerons *Aphis spiraecola*, *Aphis fabae* et la cochenille *Dactylopius opuntiae* représentent une sérieuse menace pour les cultures agricoles. *Aphis spiraecola* est principalement nuisible aux agrumes, entraînant des dommages directs en aspirant la sève et des préjudices indirects en transportant des virus phytopathogènes. *Aphis fabae* s'attaque principalement aux légumineuses, plus spécifiquement aux fèves, alors que *Dactylopius opuntiae* vise les cactus, entravant leur croissance, affaiblissant leur vigueur et affectant leur productivité. Bien que les pesticides chimiques soient couramment utilisés pour maîtriser la propagation de ces organismes nuisibles, leur usage intensif peut provoquer des effets indésirables tels que le développement de résistances, la suppression d'insectes auxiliaires bénéfiques, ainsi que la pollution des sols et des ressources hydriques.

Dans ce contexte, il est essentiel de trouver des alternatives plus sûres, spécifiques et écoresponsables face à ces contraintes. *Chrysanthemum coronarium*, une plante bioinsecticide appartenant à la famille des Astéracées, se distingue par sa richesse en métabolites secondaires, en particulier les pyréthrinés naturels. Celles-ci sont connues pour leur effet neurotoxique sur une vaste série d'insectes nuisibles. Bien que de nombreuses recherches démontrent les bienfaits du genre *Chrysanthemum* face à différents nuisibles, rares sont celles qui se sont concentrées spécifiquement sur l'impact de l'extrait hydroalcoolique de *C. coronarium* sur *Aphis spiraecola*, *Aphis fabae* et *Dactylopius opuntiae*.

L'étude en question a pour objectif d'évaluer le potentiel bioinsecticide de cet extrait sur trois espèces spécifiques, contribuant ainsi au développement de méthodes de protection des cultures qui soient durables et respectueuses de l'environnement.

# **Chapitre 1**

## **Synthèse bibliographique sur les plantes hôtes**

# I. Plantes hôtes étudiées

## I.1 Les agrumes

Le terme « agrumes » fait référence à diverses espèces, parmi lesquelles on retrouve les citrons, oranges, pamplemousses, mandarines et clémentines, qui sont les plus populaires. Dans le domaine de la botanique, les agrumes se classent dans la famille des Rutaceae et se divisent en trois genres : *Fortunella*, *Poncirus* et *Citrus* (Swingle et Reece, 1967).

Selon Loussert (1989), les agrumes font partie de la famille des rutacées. Il s'agit d'arbres épineux de petite stature (de 2 à 10 m), au port arrondi et aux feuilles persistantes. Ils produisent des fruits globuleux qui ressemblent à une sphère, recouverts d'une écorce épaisse dont la face externe, appelée épicarpe ou flavedo est teintée de jaune, orange ou rougeâtre en raison des flavonoïdes. L'intérieur, étant spongieux est appelé mésocarpe ou albédo et de couleur blanche (Benaissat, 2015).

### I.1.1. Caractéristiques botaniques

Les agrumes sont de petits arbres ou arbustes, généralement à un feuillage dense et à feuilles de nature persistante (Fig. 1), sauf pour les *Poncirus*. Leur spécificité principale réside dans leurs fruits qui sont composés de quartiers bourrés de petites vésicules hautement juteuses. On ne connaît pas d'autres fruits possédant cette structure. Toutes les parties de l'arbre contiennent des glandes à essence : écorce, feuilles, branches, fleurs et fruits (INRA France, 2012).



**Figure 1** : Aspect général d'une plante du genre *Citrus*  
(Anonyme, 2025)

Les agrumes sont caractérisés par des fleurs habituellement blanches, avec 4 à 5 pétales imbriqués qui se courbent souvent vers l'arrière et dégagent fréquemment un parfum prononcé (Fig. 2). La période de floraison fluctue en fonction des espèces et des conditions climatiques, allant de mars à juillet. Le vent et les insectes garantissent la pollinisation (Bachés et Bachés, 2011).



**Figure 2 :** Fleurs des agrumes (INRA France, 2012)

En fonction des variétés, la maturation des fruits s'étale de novembre à mars. Ainsi, la transformation d'une fleur en fruit prend généralement entre 7 et 10 mois. L'épanouissement se traduit par un changement de couleur du fruit et une augmentation de sa teneur en sucres l'orange reste souvent verdâtre (Bachas et Bachés, 2011).

### **I.1.2. Position systématique des agrumes**

Selon Jacquemond *et al.* (2009), de nombreuses études ont été menées au XXe siècle pour classer les diverses variétés et espèces. Il est généralement accepté que les agrumes sont répartis en trois genres botaniques qui peuvent coexister : *Poncirus*, *Fortunella* et *Citrus*.

Ces trois genres font partie de la tribu des Citreae. le genre *Citrus* regroupe la plupart des espèces d'agrumes cultivés et renferme suivant les taxinomistes, entre 16 (Swingle et Reece, 1967) et 156 espèces (Tanaka, 1961). D'après Praloran (1971) la position taxonomique des agrumes est indiquée comme suit :

**Règne :** Végétale

**Embranchement :** Angiospermes

**Classe :** Eudicotes

**Sous classe :** Archichlomydeae

**Ordre :** Germinale (Rutales)

**Famille :** Rutaceae

**Sous-famille :** Aurantioideae

**Tribu :** Citreae

**Sous-tribu :** Citrinae

**Genre :** *Citrus*.

### **I.1.3. Espèces et variétés**

On compte huit types d'agrumes du genre *Citrus*: le Bigaradier, le Mandarinier, le Clémentinier, le Pomelo, le Cédratier, le Kumquat, l'Oranger et le Citronnier (Fig. 3) (Esclapon, 1975 et Loussert, 1989).



**Figure 3 :** Fruit d'oranger et de citronnier (Medjdoub, 2014)

### **I.1.4. Exigences des agrumes**

On cultive les agrumes dans les zones tropicales et subtropicales. Selon Agustí *et al.* (2014), les sols limoneux-sableux, qui sont profonds et assurent un bon drainage, sont jugés idéaux pour la culture des agrumes. Concernant le climat, les *Citrus* réagissent vivement aux fluctuations de température et nécessitent des chaleurs élevées durant la période de croissance et de maturation de leurs fruits (Singh et Rajam, 2009). Ces mêmes chercheurs ont aussi souligné que des températures moyennes de 20 °C durant la nuit et 35 °C au cours du jour sont indispensables pour assurer une croissance optimale de ces espèces. Il convient également de

noter que les agrumes sont généralement considérés comme des cultures ayant une sensibilité moyenne au froid. Ils sont susceptibles aux dommages causés par le froid lorsque les températures descendent en dessous de -2 °C (El-Otmani, 2005). On estime que les agrumes nécessitent environ 1200 mm d'eau par an, distribués tout au long de l'année (El macane *et al.*, 2003).

### **I.1.5. Maladies et ravageurs des agrumes**

Cette plante est particulièrement vulnérable aux assauts de nuisibles et d'impact de facteurs abiotiques et biotiques. La protection des agrumes contre les maladies végétales a connu une transformation significative au cours des dernières années. Effectivement, la méthode traditionnelle de lutte chimique a été substituée par un système de lutte intégrée. Cette progression est largement attribuable à trois éléments principaux, à savoir, l'augmentation des nuisibles face aux insecticides, et les multiples introductions d'espèces invasives ainsi que la volonté du consommateur de consommer des fruits avec moins de résidus (Benhalima-Kamel *et al.*, 1994).

#### **I.1.5.1. Maladie des agrumes**

##### **I.1.5.1.1 Maladies bactériennes**

Plusieurs maladies bactériennes, qui peuvent varier considérablement, sont susceptibles de toucher les agrumes. La bactériose des agrumes est causée par la bactérie *Pseudomonas syringae* Vanhall. Cette infestation se manifeste principalement sur les feuilles et les rameaux. Ainsi que le chancre des *Citrus*, dont l'agent pathogène est *Phytophthora citri* Hass (Loussert, 1987).

##### **I.1.5.1.2 Maladies d'origine cryptogamique**



La pourriture sèche est une maladie cryptogamique provoquée par le *Fusarium* sp., dont les manifestations sont une mort soudaine des arbres. Un dépérissement unilatéral des arbres, et une décomposition sèche des racines présentant une teinte brune ou marron (ITAFV, 2012). Alors que, la gommose à phytophthora est causée par *Phytophthora parasitica* qui se trouve à la base des charpentières. Il induit une fissuration de l'écorce accompagnée d'une exsudation de gomme et provoque un flétrissement préfigurant la mort de l'arbre à moyen et long terme (ITAFV, 2012). Les agrumes sont susceptibles d'être infestés par le *Capnodium citri* (fumagine). Cette maladie est habituellement le résultat d'une attaque sévère de cochenilles, de pucerons ou d'aleurodes. Effectivement, ces insectes produisent un miellat sur les feuilles et la ramure, créant ainsi un environnement propice au développement du champignon responsable


de la fumagine (*Capnodium citri*) (ITAFV, 2012). L'antracnose désignée sous l'appellation de « flétrissure des rameaux » due à *Colletotrichum gloeosporioides*, se manifeste en début d'automne et touche les arbres affaiblis qui souffrent d'un déséquilibre hydrique ou minéral. Elle entraîne des déshydratations très distinctives des jeunes pousses au sommet des arbres (Sillero *et al.*, 2010). Par ailleurs, la pourriture noire causée par *Alternaria citri* et *Alternaria pierca* contribue à une décomposition particulière des fruits. Les dommages se situent dans la région ombilicale, touchant aussi une portion de la pulpe qui devient un agglomérat poudreux noirâtre (Trimmer *et al.*, 2003).

### I.1.5.2. Principaux ravageur des agrumes

Les principaux ravageurs des agrumes sont reportés sur le tableau 1.

**Tableau 1 : Ravageurs des agrumes en Algérie (Biche, 2012)**

Ravageur	Nom Scientifique	Nom Commun	Dégâts
Insectes	<i>Aonidiella aurantii</i>	Pou de Californie	Attaquent les feuilles, les rameaux et les fruits. Développement de la fumagine, chute des feuilles et dépérissement des fruits.
	<i>Lepidosaphes beckii</i>	La cochenille moule	
	<i>Lepidosaphes glowerii</i>	La cochenille virgule	
	<i>Chrysomphalus dictyospermi</i>	Pou rouge de Californie	
	<i>Parlatoria ziziphi</i>	Pou noir de l'oranger	
	<i>Parlatoria pergandei</i>	Cochenille blanche	
	<i>Saissetia oleae</i>	Cochenille H	
	<i>Icerya purshasi</i>	La cochenille australienne	
	<i>Coccus hesperidum</i>	Cochenille plate	
	<i>Ceroplastes sinensis</i>	Cochenille chinoise	
	<i>Pseudococcus citri</i>	La cochenille farineuse	
	<i>Aphis spiraecola</i>	Puceron vert des citrus 	Avortement des fleurs et déformation des très jeunes feuilles et développement de la fumagine.
	<i>Aphis gossypii</i>	Puceron vert du cotonnier	
<i>Toxoptera aurantii</i>	Puceron noir des agrumes 	Développement d'abondantes colonies de pucerons sur les parties jeunes des arbres.	

	<i>Myzus persicae</i>	Puceron vert du pécher 	Transmission de maladies virales.
	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	L'aleurode floconneux	Provoque des souillures importantes ainsi que le développement de la fumagine.
	<i>Dialeurodes citri</i>	L'aleurode des citruses	Provoque des nuisances et développe de la fumagine.
	<i>Phyllocnistis citrella</i>	Mineuse des agrumes	Attaque les feuilles et les jeunes pousses.
	<i>Ceratitidis capitata</i>	Mouche méditerranéenne des fruits	Provoque la pourriture des fruits.
	<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	Nématode des agrumes	Croissance ralentie des arbres ; pas de symptômes spécifiques de cette espèce
<b>Acarie</b>	<i>Tetranychuscinnabarinus</i>	Acarie tisserand	Provoquent des nécroses, décoloration et chute des feuilles, des fruits et des bourgeons.
	<i>Hemitarsonemus latus</i>	Acarie ravisseur	

## I.2. Généralités sur la plante hôte : *Vicia faba*

La fève est une culture qui a été intégrée à nos systèmes agricoles depuis de nombreuses années dans diverses régions agricoles du pays. En Algérie, la fève est considérée comme l'une des légumineuses alimentaires les plus importantes (Bouznad *et al.*, 2001). Elle représente une ressource nutritive significative tant pour la consommation humaine qu'animale et favorise l'économie de l'apport en azote (Dridi *et al.*, 2011).

### I.2.1. Classification de la fève

D'après Dajoz (2000) et Mezni (2011), la fève est classée comme suit :

**Régné** : Plantes

**Embranchement** : Spermaphytes  
**Sous-embranchement** : Angiospermes  
**Classe** : Dicotylédones  
**Sous-classe** : Dialypétales  
**Série** : Caliciflores  
**Ordre** : Rosales  
**Famille** : Fabacées (Légumineuses)  
**Sous-famille** : Faboideae  
**Genre** : *Vicia*  
**Espèce** : *Vicia faba* L.

### I.2.2. Description de la fève

La fève est une plante herbacée diploïde ( $2n = 12$  chromosomes) et partiellement allogame (Wan *et al.*, 2012). L'appareil végétatif de la fève est constitué par les racines, la tige et les feuilles. Selon Duc (1997), le système racinaire de *V. faba* est formé par une racine principale pivotante, puissante, et des racines secondaires portant des nodosités contenant des bactéries fixatrices d'azote (*Rhizobium leguminosarum*). Le système racinaire de la fève peut s'enfoncer jusqu'à 80 cm de profondeur, les nodosités sont abondantes dans les 30 premiers centimètres (Chaux et Foury, 1994).

La fève est formée d'une tige simple, dressée et creuse, de section quadrangulaire, sans ramifications, se dressant à plus d'un mètre de haut (Peron, 2006). Alors que les feuilles sont alternées, composées et constituées par 2 à 4 paires de folioles amples, ovales, d'un vert glauque ou grisâtre accompagnées de deux larges stipules. Les fleurs sont du type papilionacées, blanc ou faiblement violacées et porte sur chaque aile une macule noir (Chaux et Foury, 1994), avec une inflorescence en grappe de 4 à 5 fleurs en moyenne situées à l'aisselle des feuilles (Maoui *et al.* 1990). Les fruits sont de grandes gousses vertes, épaisses, contenant 4 à 8 graines (Fig. 4) (Chaux et Foury, 1994).



**Tige**

**Feuille**

**Fruits**

**Fleur**

**Figure 4** : Différentes parties de la fève (Lounissi, 2022)

### **I.2.3. Intérêts de la fève**

Comme toutes les légumineuses alimentaires, *V. faba* contribue à l'enrichissement du sol en éléments fertilisant dont l'incidence est positive sur les performances des cultures qui les suivent, notamment le blé (Khaldi *et al.*, 2002). Les racines de *V. faba* vivent en symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium*, leur permettant de fixer l'azote atmosphérique et d'enrichir ainsi le sol en azote, ce qui réduit la dépendance des agriculteurs vis-à-vis des engrais chimiques (Siller *et al.*, 2010). Selon Hamadache (2003), la fève améliore la structure du sol par son système racinaire puissant et dense. Les résidus des récoltes enrichissent le sol en matière organique. Lopez-Bellido *et al.* (2005) rapportent que *V. faba* joue un rôle dans la rotation des cultures améliorant ainsi la fertilité du sol et réduisant l'incidence des mauvaises herbes, des maladies et des insectes ravageurs.

La fève est l'une des légumineuses à graines les plus communes, utilisée pour la consommation humaine et animale (Goyoga *et al.*, 2011). Elle a une teneur en protéines élevée et une excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucides complexes, de vitamines et de minéraux (en particulier le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer et le zinc) (Gordon, 2004). Elle constitue également une source considérable d'énergie (344 Kcal/100g) (Caieb *et al.*, 2011).

### **I.2.4. Maladies fongiques**

#### **I.2.4.1 Rouille**

Selon Sillero *et al.* 2010 *Uromyces viciae-fabae* est le champignon en cause de la rouille chez la fève, c'est l'une des maladies les plus sévères dans le monde. La rouille se distingue par la présence sur les deux faces de la feuille de nombreuses petites pustules de forme ovale, de couleur marron, de 1 mm de diamètre qui se développent à la surface des folioles, de la tige et des gousses (Stoddard *et al.*, 2010).

#### **I.2.4.2 Taches chocolat**

La tache chocolat est l'une des maladies les plus destructives affectant la fève. Elle est causée par un champignon *Botrytis fabae* qui est présent près de toutes les zones de culture de la fève. Les premiers symptômes sont des taches de couleur brun foncé entourées par un anneau de couleur brun orangé sur les feuilles, les fleurs et les tiges. Ce champignon cause une défoliation et peut tuer la plante en seulement 2 jours (Stoddard *et al.*, 2010).

### **I.2.4.3 Anthracnose**

L'ascochytose est une maladie causée par un champignon *Ascochyta fabae* qui peut entraîner jusqu'à 90% de pertes de rendement. Ce champignon attaque les gousses, les feuilles et les tiges des plantes. Les dégâts sont une réduction de la surface photosynthétique, l'avortement des gousses et l'infestation des graines (Sillero *et al.*, 2010). Cette maladie se caractérise par des lésions de couleur grise, présentant un anneau distinctif de couleur noire sur les feuilles et les tiges (Stoddard *et al.*, 2010).

### **I.3. *Opuntia ficus-indica***

Le figuier de barbarie est originaire des régions arides et semi-aride (Sáenz *et al.*, 2013). *Opuntia ficus-indica* est un cactus originaire du Mexique, essentiellement cultivé pour la production de ses fruits. Les jeunes pousses sont également utilisées dans l'alimentation humaine (napolitos) au Mexique et dans le sud des Etats-Unis. En Afrique du Nord, l'*O. Ficus-indica* est cultivé d'une part pour prévenir l'érosion du sol dans les zones arides, et d'autre part en tant que substitut de fourrage pour l'alimentation animale pendant les périodes de sécheresse (Malainine *et al.*, 2001). Les technologies agroalimentaires et cosmétiques sont les premiers bénéficiaires de cette plante, avec des capacités de production en fruit de 200 quintaux par hectare, et de 200 tonnes de raquettes par hectare (Madani *et al.*, 2016). Il est nécessaire de diffuser les connaissances sur les utilisations actuelles et potentielles de la poire de cactus, en soulignant leur fonction de barrière biologique pour réduire l'impact de la désertification et leurs réponses adaptatives à l'augmentation globale attendue du CO<sub>2</sub> par le biais de programmes de développement intégré, de vulgarisation et d'assistance technique en tant qu'outil d'adaptation essentiel pour lutter contre la désertification (Inglese, 2010).

#### **I.3.1 Position taxonomique du figuier de barbarie :**

La position systématique de figuier de barbarie selon la classification de Miller (1768) est comme suit:

**Règne :** Plantae

**Sous règne :** Tracheobionta

**Embranchement :** Phanérogames

**Sous Embranchement :** Magnoliophyta

**Classe :** Magnoliopsida

**Sous classe :** Caryophyllidae

**Ordre :** Opuntiales

**Famille** : Cactaceae

**Sous-famille** : Opuntioideae

**Tribu** : Opuntieae

**Genre** : *Opuntia*

**Sous-genre** : *Platyopuntia*

**Espèce** : *Opuntia ficus-indica* L. (Wallace et Gileson, 2002).

### **I.3.2. Origines et historique du figuier de barbarie**

Les analyses biogéographiques des cactus sont entravées par le peu de fossiles disponibles. La plupart des chercheurs s'accordent à dire que les Cactaceae sont originaires d'Amérique du Sud (Gibson et Nobel, 1986) et se sont ensuite dispersées en Amérique centrale, en Amérique du Nord et dans les îles de l'hémisphère occidental (Gibson et Nobel, 1986 ; Mauseth, 1990 ; Anderson, 1996 ; Stone-Palmquist et Mauseth, 2002). Barthlott *et al.* (2015) ont décrit sept centres de diversité pour les Cactaceae, les différents membres des Cactaceae ayant été répartis par les activités anthropogéniques dans la plupart des régions tempérées du monde (Benson, 1982). C'est en Amérique du Nord que l'on trouve le plus grand nombre d'espèces de cactus (Hernandez et Barcenas, 1995), la plupart se trouvant dans le désert de Chihuahuan au Mexique, qui est considéré comme le plus grand centre de diversité pour les Cactaceae. L'ouest des États-Unis compte également de nombreuses espèces de cactus, la plus grande concentration de taxons se trouvant en Californie, en Arizona, au Nouveau-Mexique et au Texas exactement à Trans-Pesco (Benson, 1982). La répartition géographique des cactus est généralement limitée par les basses températures, bien que certaines espèces soient suffisamment robustes pour occuper des latitudes septentrionales soumises à des températures froides, y compris le nord des États-Unis et du Canada. Les cactus colonnaires, aux grandes fleurs blanches, sont signalés en Argentine, en Bolivie, au Chili, en Équateur et au Pérou (Yetman, 2007).

Le Brésil est considéré comme la patrie de plusieurs espèces de cactus dans les catégories *Pilosocereus*, *Cereus*, et *Facheiroa* (Yetman, 2007). Il a d'abord été introduit en Espagne, puis plus tard au XVI<sup>e</sup> siècle dans le nord et le sud de l'Afrique. Il s'est répandu rapidement dans la région méditerranéenne et s'y est acclimaté au point de devenir une composante distinctive du paysage (Benattia, 2017). Aujourd'hui, le figuier de barbarie est cultivé dans de nombreuses régions du globe (Fortin, 2006). Dans certains pays tels que l'Italie, l'Espagne ou le Mexique, la culture du cactus est pratiquée de façon intensive et moderne avec des programmes de recherche et de développement pour la production du fruit ou de fourrage et même pour des

usages Industriels. En revanche, en Australie et en Afrique du Sud, ce végétal, en particulier, la variété asperme est considérée comme une mauvaise herbe à cause de la facilité avec laquelle, elle se propage (Mulas et Mulas, 2004).

Le cactus est utilisé dans les domaines de la santé, de la nutrition et du cosmétique, sous forme de thé, de confiture, de jus et d'huile extraits des graines de figues de barbarie. Il est utilisé comme remède à base de plantes pour divers problèmes de santé dans différents pays. Par exemple, dans la pharmacopée de la médecine traditionnelle subsaharienne, les fleurs et les fruits de cactus sont utilisés comme agents antiulcéreux ou anti diarrhéiques ; les fleurs sont également administrées comme médicament oral contre les hémorroïdes et la sève de cladode comme traitement de la coqueluche. D'autre part, les populations indigènes consomment des quantités substantielles de fruits frais ou secs. Chez ces populations, les cladodes, les fruits et les fleurs de cactus sont mis en valeur pour leur teneur intéressante en antioxydants, en pectine, en polysaccharides et en fibres (El-Mostafa, 2014).

En Algérie, l'introduction de cactus a été similaire à celle du Maroc et de la Tunisie. Aujourd'hui les zones dédiées à la culture de l'*Opuntia* s'étendent sur plus de 30000 ha dont 60% se trouve dans la municipalité de Sidi-Fredj et le reste à Ouled Mimoun, Taoura, Dréa et Ouilène (Huffposte Algérie, 2015). Dans le nord, *O. punctata* est utilisé comme clôture autour des maisons et des petites villes. Les clôtures de plantes sont aussi utilisées pour la production de fruits pour consommation humaine où ils sont vendus sur les marchés locaux et, en saison sèche, comme source de fourrage. Dans le sud, les cladodes d'*Opuntia* émergent comme aliment pour les petits ruminants et les dromadaires (FAO, 2018). L'Algérie vient d'accueillir sa première unité de transformation de figues de barbarie. L'infrastructure qui est basé à Sidi-Fredj s'étend sur 5000 m<sup>2</sup> et peut transformer environ 20 quintaux par heure. Elle servira essentiellement à l'emballage de la figue de barbarie et à la production d'huiles essentielles et de produits pharmaceutiques, de jus, de confiture et d'aliments de bétail (Agence Ecofin, 2015).



**Figure 5 :** Répartition de *D. opuntiae* (CABI, 2021) in (Perestelo Paz, 2022)

### **I.3.3. Morphologie d'*O. ficus indica***

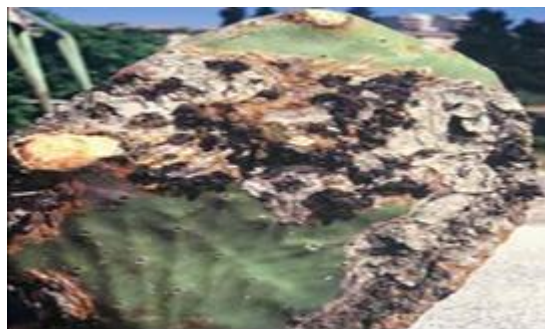
L'étude morphologique du péricarpe des graines d'*O. ficus indica* a montré que les cellules étaient principalement constituées de cellules fusiformes contenant des fibres de sclérenchyme. La composition chimique du péricarpe révèle une quantité importante de polysaccharides, dont la cellulose (35%) et le xylane (27%) (Habib *et al.*, 2008).

Les figues de Barbarie produisent des fruits de cactus également appelés figues de cactus. Les fruits sont violets, charnus et de forme ovale, mesurant entre 1 et 3 cm de long. L'espèce *Opuntia* est une xérophyte comptant environ 200 à 300 espèces, elle est adaptée aux zones arides, caractérisées par la sécheresse (Mobhammer *et al.*, 2006).

### **I.3.4. Maladies fongiques**

#### **I.3.4.1. Pourriture des cladodes et des fruits**

Cette maladie est observée dans des zones géographiques différentes telles que l'Afrique du Sud, le Brésil, l'Égypte, les États-Unis d'Amérique, l'Italie et le Mexique. Les symptômes se manifestent par des zones noires arrondies (15-50 mm de diamètre) apparaissant sur les cladodes laissant la couler comme un exsudat de gomme noire depuis les marges de la lésion. Les pycnides sont souvent facilement visibles sur la surface de la zone infectée. La même maladie a été signalée en tant que chancres gommeux sur des cladodes (Fig. 6) à Linosa (Italie) et l'agent responsable est associé à *Botryosphaeria ribis* (*syn. Dothiorella ribis*) (Somma *et al.*, 1973).



**Figure 6 :** Chancre gommeux (Ile de Linosa, Italie) (Inglese, 2018)

### I.3.4.2. Pourriture sèche à alternaria (Alternariose)

L'alternariose est présente en Argentine, Italie, Brésil, Egypte, Mexique et en Afrique du Sud. Les premiers symptômes sont des points chlorotiques circulaires autour des épines ou des blessures sur les cladodes ou les fruits, qui, plus tard, deviennent sombres et nécrotiques (Fig. 9). Les sites de pénétration du champignon sont généralement les épines, mais aussi les blessures sur la cuticule causée par la grêle. En Afrique du Sud, différentes espèces d'*Alternaria* ont été isolées de cladodes avec des symptômes de pourriture sèche (Swart et Kriel, 2002; Swart et Swart, 2002; Ammar *et al.*, 2004; Souza *et al.*, 2010). En Italie, *Alternaria alternata* produit des points dorés (Fig7. ) sombres au centre et jaune doré sur les bords (Granata et Sidoti, 1997). La même maladie est connue au Mexique, sous le nom de mancha de oro ou secamiento de la penca (Gutiérrez, 1992). *A. alternata* cause aussi le pourrissement post-récolte du fruit. Le symptôme est une pourriture sèche de la peau de couleur noire (Fig.8). Généralement, les lésions, avec une marge irrégulière, sont localisées dans la partie centrale du fruit et la peau pourrie peut être enlevée (Faedda *et al.*, 2015).



**Figure 7 :** Pourriture sèche dorés (Italie) (Inglese, 2018)



**Figure 8 :** Pourriture des fruits causée par *Alternaria* (Italie) (Inglese, 2018)



**Figure 9 :** Points d'*Alternaria* (Tunisie) (Inglese, 2018)

### I.3.4.3. Maladies Bactérienne

La Pourriture bactérienne molle noire est notée en Argentine et en Italie. Les symptômes sont au printemps, les cladodes montrent des taches aqueuses qui deviennent brunes et coalescentes (Fig.10). Les tissus externes sèchent et souvent se craquèlent ; les tissus internes deviennent bruns à presque noirs. Ces symptômes peuvent aussi être observés sur les fruits (Varvaro *et al.*, 1993; Saad *et al.*, 1998)



**Figure 10 :** Pourriture molle noire (Inglese, 2018)

# Chapitre 2

## Généralité sur les Bioagresseurs

## II. Généralité sur les Aphides :

Les pucerons sont des insectes à métamorphose incomplète (hétérométaboles). Les diverses phases larvaires ont une ressemblance avec les adultes sans ailes, bien qu'elles soient de taille réduite et que certains traits puissent être moins marqués. Les œufs ont une taille très réduite et sont presque sphériques. Généralement de couleur gris foncé ou noir, ils ont une taille d'environ 0,5 à 1mm et sont déposés soit en amas, soit individuellement en fonction des espèces (Fredon, 2008).

Les pucerons sont de petits insectes à la peau douce (généralement 2 à 4 mm) ; ils ont un corps ovalisé légèrement aplati et possèdent des pièces buccales adaptées à la piqûre et à la succion. La tête est étendue vers le bas par un rostre, situé derrière les hanches avant. Les mandibules et les maxilles sont fortement transformées en deux paires de stylets. Quant aux antennes, qui varient considérablement en longueur de 3 à 6 segments, elles sont positionnées directement sur le front ou sur les tubercules frontaux chez les espèces ailées. Pour de nombreux pucerons, les ailes sont larges, entièrement membranées et leur nervation peut être partielle ou totale selon la famille. L'abdomen porte dorsalement au niveau du 5ème segment une paire de cornicules de formes et ornementation très variées (Fig. 5). Ces derniers sont caractérisés par la sécrétion d'une phéromone d'alarme et des matières cireuses. A l'extrémité postérieure, un prolongement impair du dernier segment appelé « cauda » sert à l'épandage du miellat (Fraval, 2006).

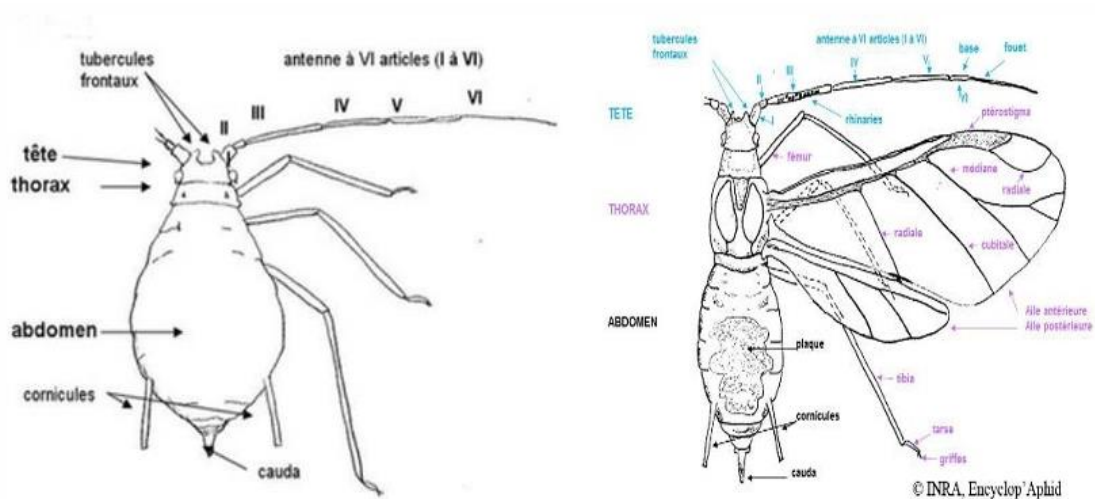


Figure 11 : Morphologie de puceron sans ailes et ailé (INRA, 2019)

La femelle ailée parthénogénétique a une longueur de 1,08 mm, avec la tête, le thorax et les cornicules (organes localisés à l'arrière de l'abdomen) de couleur brune, tandis que l'abdomen présente le même vert tendre que les jeunes feuilles d'agrumes. La femelle sans ailes, qui se reproduit par parthénogenèse, atteint également une longueur de 1,05 mm et présente une coloration entièrement verte à l'exception des cornicules brunes et de la tête brunâtre (Franchois et Georget, 2006).

## **II.1. Description des aphides**

### **II.1.1. La tête :**

D'après Hullé et ses collaborateurs (1998), la tête est généralement dotée de deux yeux composés de grande taille et de deux antennes. Chez les adultes, les antennes se composent généralement de six segments, bien qu'il arrive parfois qu'elles en aient trois, quatre ou cinq. Ces segments sont souvent le site d'apparition d'organes olfactifs : les rhinaries ou sensoria. Le dernier segment possède une section finale qui est généralement effilée : le fouet, flagelle ou processus terminale. L'identification des espèces est facilitée par la quantité et la position des rhinaries, la longueur des antennes et des fouets. De même pour la forme du front et des tubercules frontaux où sont fixées les antennes.

### **II.1.2. Le thorax**

Il est formé de trois sections et possède les trois paires de membres qui se terminent par des tarsi à deux segments ; le dernier segment est équipé d'une paire de griffes. L'ailé possède aussi deux paires d'ailes membraneuses qui se plient en forme de toit lorsqu'il est au repos. Pour certaines espèces, la nervation des ailes peut constituer un critère distinctif (Hullé *et al.*, 1998).

### **II.1.3. L'abdomen**

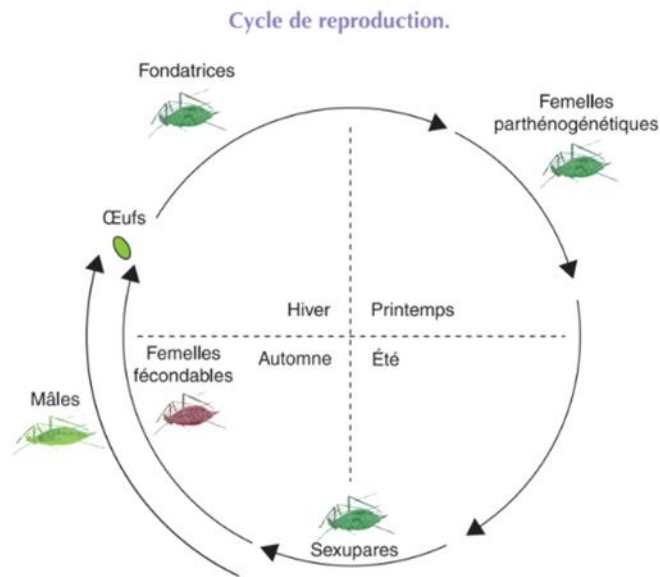
Il est ardu de distinguer les segments qui composent l'abdomen. Le cinquième émet des cornicules à travers lesquelles le puceron excrète des gouttes de liquide contenant des hormones d'alerte ou favorisant la rencontre des sexes. Le segment final est la cauda. Les caractéristiques relatives à la forme et à la coloration des cornicules et de la cauda, ainsi que l'existence de rayures, de bandes, de plaques ou de sclérites sur l'abdomen servent d'indicateurs pour identifier les espèces (Hullé *et al.*, 1998).

## II.1. 2. Cycle biologique

Au cours de leur cycle de vie, la majorité des espèces de pucerons alternent entre une génération d'insectes sexués (mâles et femelles) et plusieurs générations qui se reproduisent par parthénogenèse, composées uniquement de femelles (parthénogenèse thélytoque) (Fig. 6). Les femelles qui ont été fécondées pondent toujours des œufs, tandis que les femelles parthénogénétiques sont généralement vivipares elles produisent directement de jeunes larves qui peuvent se nourrir et se mouvoir immédiatement après leur naissance (François, 1999).

Les pucerons figurent parmi les insectes nuisibles les plus dévastateurs pour les plantes cultivées à l'échelle mondiale. En raison de leur capacité à se reproduire de manière asexuée et sexuée, ils peuvent se multiplier très rapidement. En outre, ces insectes ont la capacité de propager des virus. Les dommages qu'ils provoquent peuvent être considérables et causer de véritables difficultés économiques pour les agriculteurs, étant donné que leurs cultures deviennent non consommables. D'après Simon (2007), les cycles de vie des pucerons varient en fonction des espèces. On dit que certaines espèces sont monoécies lorsqu'elles accomplissent l'intégralité de leur cycle évolutif sur des plantes de la même espèce ou très étroitement apparentées. En revanche, certaines espèces ont besoin de deux plantes hôtes qui ne sont pas botaniquement liées pour compléter leur cycle de vie. On qualifie ces espèces de hétéroécies (ou dioécies). On désigne la plante qui sert de lieu de ponte à l'œuf d'hiver comme hôte primaire, tandis que l'autre est connue sous le nom d'hôte secondaire. Ce dernier est généralement une plante herbacée sur laquelle migrent les fondatrigenes ailés.

Dans les zones tempérées, les pucerons suivent un cycle de vie annuel complet (holocycle) avec deux hôtes distincts (dioïque). Sous les conditions dures de l'hiver, la majorité des pucerons passent l'hiver sous forme d'œufs sur les plantes pérennes ou dans les résidus végétaux. Ils sont capables de supporter des températures plus froides, variant entre  $-10^{\circ}\text{C}$  et  $-15^{\circ}\text{C}$ . Quelques-uns passent l'hiver à l'état de femelles adultes (Eaton, 2009).



**Figure 12** : Cycle évolutif des pucerons (Turpeau Ait-Ighil *et al.*, 2011)

### **II.1. 3. Les dégâts causés par les aphides**

Selon Fournier (2010), les pucerons constituent une menace majeure pour la végétation à l'échelle mondiale, engendrant des effets économiques défavorables sur l'agriculture, en particulier sur les cultures de légumes. Les pucerons se nourrissent de la sève élaborée des plantes, c'est-à-dire qu'ils ont une alimentation phloémienne. L'ampleur des dommages dépend de la fois de la durée pendant laquelle les pucerons sont présents sur la plante, du stade de croissance de cette dernière et de son niveau de vulnérabilité. En outre, la salive des pucerons est souvent toxique : elle contient divers composés chimiques qui peuvent affecter le développement de la plante et provoquer des déformations, dépigmentations et assèchements (Turpeau Ait-Ighil *et al.*, 2011). Les pertes causées par les pucerons sont de deux types :

#### **II.1. 3.1. Les dégâts directs**

L'extraction et l'assimilation de la sève végétale constituent la première répercussion de l'infestation d'une plante par le puceron (Harmel *et al.*, 2008). Les piqûres alimentaires provoquent une irritation et une toxicité, ce qui entraîne le développement de galles, qui se manifestent par la déformation des feuilles ou des fruits entraînant une diminution du rendement (Christelle, 2007). Cela se manifeste par la déformation des feuilles ou des fruits, entraînant une diminution de la productivité (Christelle, 2007). Selon Ighil *et al.* (2011), ces dommages directs associés à la consommation alimentaire peuvent être exacerbés.

### II.1. 3.2. Les dégâts indirects

Lorsque les pucerons sont très nombreux, provoquent des dégâts indirects, comme le dessèchement précoce des organes recouverts par le miellat et les fumagines (Ighil *et al.*, 2011). La sève élaborée contient peu d'acides aminés, éléments essentiels à la croissance des insectes. Elle contient beaucoup de sucres, d'où le fait que les pucerons consomment une grande quantité de sève et produisent des gouttes de miellat (Rabasse, 1985). Les éléments non digérés, hautement sucrés, se déposent dans la portion élargie du rectum avant d'être expulsés, ce qui donne naissance au miellat. Dans un environnement de culture propice, des champignons saprophytes se développent et provoquent des fumagines qui gênent la respiration et l'assimilation chlorophyllienne (Fig. 7), ou contaminent les parties comestibles (comme les fruits) et les rendent inappropriées pour la vente (Christelle, 2007 et Giordanengo *et al.*, 2010).

En se nourrissant sur les plantes, les pucerons peuvent également provoquer d'autres dégâts indirects en transmettant des virus à l'origine de graves maladies selon (turpeau Ait-Ighil *et al.*, 2011).



**Figure 13** : Développement de fumagine (Anonyme, 2011)

Les pucerons facilitent la propagation des virus. Effectivement, les pucerons, en se déplaçant d'une plante à l'autre, établissent des connexions indirectes entre des végétaux éloignés et fixes (Brault *et al.*, 2010). Les virus des végétaux, qui ne peuvent se déplacer d'un hôte à un autre de manière autonome, exploitent efficacement cette caractéristique. Par conséquent, un grand nombre d'espèces virales exploitent le déplacement des pucerons pour assurer leur dissémination et leur persistance dans l'environnement.

Lors de leur piqûre, les pucerons ont également la capacité de transmettre des virus. Cependant, pour qu'il y ait un problème de transmission virale, il faut que des vecteurs soient

présents en quantité suffisante, en conséquence à une source de virus (adventices, plants infectés) (Rabasse, 1985).

On peut citer *A. fabae* comme exemple de vecteur du virus de l'enroulement de la fève (Ouffroukh, 1985 et Aggad, 1996).

#### ✓ **Les virus circulaires (persistants)**

Les virus propagés par ce moyen sont transportés en interne, mais ils ne se reproduisent jamais pendant leur séjour dans l'environnement intérieur du vecteur. Ils doivent franchir diverses membranes au niveau du système digestif pour l'entrée et des glandes salivaires pour la sortie de leur vecteur. Le virus consommé avec la sève phloémique lors de l'alimentation du vecteur traverse les cellules épithéliales intestinales pour atteindre l'hémocoèle (phase d'acquisition) et se propage dans l'hémolymphe jusqu'aux glandes salivaires. Ces cellules glandulaires sont injectées dans la plante hôte avec la salive lors d'une nouvelle piqûre (étape d'inoculation) (Hebrard *et al.*, 1999 ; Brault *et al.*, 2010).

#### ✓ **Les virus non circulaires**

Les virus non circulaires sont contractés et propagés lors de courtes piqûres ; une piqûre de cinq secondes est suffisante, mais les performances optimales sont respectées pour des intervalles allant de 15 à 60 secondes. Si la période d'acquisition s'allonge, ces virus peuvent se propager dès leur acquisition, sans nécessiter de période de latence. Toutefois, le puceron ne reste pas infectieux longtemps et ne l'est plus quelques minutes après avoir été en contact avec une plante saine (Raccah et Fereres, 2009). Ce genre de virus englobe les virus non persistants et les virus semi-permanents.

#### ✓ **Virus non persistants**

D'après Raccah et Fereres (2009), les pucerons contractent ces virus par le biais des tissus libériens lors de l'absorption de la sève pour leur nutrition. Le délai nécessaire pour parvenir au stade libéré varie naturellement d'une espèce aphidienne à l'autre. Il prend souvent une demi-heure et dépasse généralement une heure.

#### ✓ **Virus semi-persistants**

Il est généralement impossible d'attraper ces virus par des piqûres brèves, mais au contraire, les risques de transmission augmentent proportionnellement à la durée de la période d'acquisition (Braulte *et al.*, 2010). D'après les mêmes auteurs, on dirait que ce genre de virus s'accroche à l'intérieur du système digestif où il se regroupe, avant d'être progressivement libéré là où il s'est accumulé.

Selon Fournier (2010), les pucerons constituent une menace importante pour la végétation à l'échelle mondiale, engendrant des effets économiques défavorables sur l'agriculture, les forêts et l'horticulture. Les pucerons, redoutables nuisibles, ne font pas de distinction et s'en prennent à toutes les cultures. Ils peuvent causer des dommages considérables aux jeunes plants et aux fruits. Ces insectes qui piquent et sucent extraient de grandes quantités de sève des plantes, toutes les parties peuvent être envahies (feuilles, fleurs, tiges et racines). Les dommages causés diffèrent en fonction de la plante et du type de puceron (Qubbaj *et al.* 2004).

Selon Christelle (2007) et Eaton (2009), deux sortes de pertes sont causées par les pucerons :



**Figure 14** : Dégâts d'*A. spiraecola* sur les feuilles d'agrumes (Banouh et Chabane Chaouche, 2017)

#### **II.1. 4. Moyens de lutte contre les pucerons**

Selon Blackman et Eastop (2007), tout comme dans le reste du monde, l'utilisation de produits chimiques reste la méthode prédominante pour combattre les insectes nuisibles, en particulier les pucerons. Vers la fin des années 80, le marché des aphicides était dominé par les produits systémiques des groupes d'organophosphorés et de carbamates. La plupart de ces produits ont été retirés par les organisations écologiques en raison de leur persistance et de leur grande déficience, y compris pour les insectes bénéfiques. C'est à ce moment-là que les pyréthriinoïdes ont commencé à se substituer et à se présenter comme des alternatives, principalement aux organophosphorés. Toutefois, le manque d'activité systémique et de sélectivité spécifique aux insectes a réduit leur utilisation.

Au cours de la dernière décennie, le marché des insecticides a été dominé par les néonicotinoïdes. Ce groupe récemment développé d'insecticides a démontré une plus grande efficacité contre les nuisibles grâce à leur mécanisme d'action innovant, qui agit sur le système nerveux de l'insecte visé en provoquant sa paralysie et, par conséquent, sa mort (Blackman et Eastop, 2007 ; Buchholz et Nauen, 2002). Bien que ces divers types d'insecticides chimiques soient indéniablement efficaces, ils sont à l'origine de nombreux impacts négatifs, tant sur l'environnement que sur la santé humaine (Hayo et Van der Werf, 1997 ; Pisa *et al.*, 2017 ; Lexmond *et al.*, 2015 ; Van der Slujis *et al.*, 2015). Effectivement, d'après Multigner (2005), ils constituent une menace considérable pour l'humanité en provoquant diverses maladies telles que la stérilité, les troubles neurologiques et le cancer. En ce qui a trait à leur non-sélectivité envers leurs cibles qui est à l'origine de l'écotoxicité des insecticides, et non pas leur impact environnemental (Hayo et Van der Werf, 1997 ; Pisa *et al.*, 2017). On a recensé au moins 20 espèces de pucerons qui présentent une résistance aux insecticides (Rongai *et al.*, 1998), parmi lesquelles on cite souvent *Myzus persicae* (Sulzer) (Foster *et al.*, 2000 ; Nauen et Denholm, 2005) et *Aphis gossypii* (Glover) (Furk et Hines, 1993).

D'après Rongai *et al.* (1998), divers ennemis naturels peuvent contrôler les pucerons de manière naturelle (Lu *et al.*, 2012). Une variété d'insectes prédateurs, dont principalement les coccinelles (Coléoptère : Coccinellidae), les chrysopes (Neuroptera : Chrysopidae) et les syrphes (Diptera : Syrphidae), ainsi que les parasitoïdes (Hymenoptera : Braconidae) sont efficaces. Les larves et les coccinelles adultes sont aphidiphages et se nourrissent de diverses espèces de pucerons (Dixon, 2000). Les syrphes et les chrysopes se nourrissent de pucerons uniquement à l'état larvaire, tandis que les adultes sont floricoles (San Martin, 2004).

Chaque espèce de la famille Braconidae, plus précisément la sous-famille Aphidiinae, agit en tant qu'endo-parasitoïde solitaire des pucerons (Völkl *et al.*, 2007). Elles sont d'une importance capitale pour le contrôle naturel des populations de ces nuisibles dans le cadre des stratégies de lutte biologique (Powell et Pell, 2007).

Les champignons, qui se développent sur les pucerons (qui deviennent alors envahis par les hyphes) sont principalement à l'origine des maladies. Ils se propagent en formant des spores lorsque les conditions climatiques sont propices (haute température et humidité élevée). Cela inclut notamment les champignons de l'ordre des Entomophthorales (Phycomycètes) qui provoquent des épidémies spectaculaires (Leclant, 1970).

## II.1. 5. Espèces d'aphides étudiées

### II.1. 5.1 *Aphis spiraecola* :

*Aphis spiraecola* (puceron de la spirée ou puceron vert des agrumes) est un puceron polyphage largement répandu dans toutes les zones tempérées et tropicales du monde. L'espèce est considérée comme nuisible pour de nombreuses cultures, notamment celles appartenant aux familles des Rutaceae, Rosaceae, Asteraceae et Cucurbitaceae (CABI, 2024). *A. spiraecola*, probablement originaire d'Extrême-Orient, s'est largement répandu à l'échelle mondiale en raison de diffusions accidentelles (Blackman et Eastop, 2000). L'espèce est signalée dans la région méditerranéenne (vers 1939) et en Afrique (en 1961) (Wolcott, (1954).

#### II.1. 5.1.1 Position systématique d'*A. Spiraecola* :

Selon Remaudiere et Remandiere (1997), Leclant (2000) et Fraval (2006a), *A. spiraecola* est classée comme suit :

**Super ordre :** Hemipteroidea

**Ordre :** Hemiptera

**Super- famille :** Aphidoidea

**Famille :** Aphididae

**Sous famille :** Aphidinae

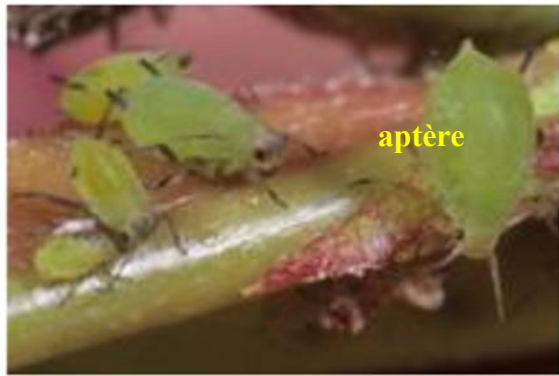
**Tribu :** Aphidini

**Genre :** *Aphis*

**Espèce :** *Aphis spiraecola* (Patch, 1914).

#### II.1. 5.1.2 Morphologie d'*A. spiraecola*

L'aptère d'*A. spiraecola* a une taille de 1,2 à 2,2 mm et présente des teintes allant du jaune au vert pomme. Son front est plat ou légèrement ondulé et ses antennes représentent la moitié de sa longueur corporelle. L'abdomen est dépourvu de toute pigmentation, présentant des cornicules noires, droites et légèrement coniques (avec une base légèrement plus épaisse que la partie apicale) et une cauda noire et allongée. Les individus ailés portent des ailes d'une taille variant de 1,2 à 2,2 mm. Ils sont de couleur verte à vert jaunâtre et possèdent des antennes de courte longueur (Fig. 9). Leur abdomen présente des sclérites marginales circulaires et postcorniculaires, avec des cornicules de couleur noire, droites, légèrement coniques et un peu plus longues que la cauda, cette dernière est allongée, noire et arrondie à l'extrémité (Turpeau Ait-Ighil *et al.*, 2014).



**Figure 16** : Adulte ailé et aptère (Chaubet *et al.*, 2024)



**Figure 15** : Colonie d'*A. spiraecola* sur une feuille d'agrumes (MNHN, 2025)

### II.1. 5.1.3 Cycle biologique d'*A. spiraecola*

Dans les zones méditerranéennes où il a été implantée aux alentours de 1939 (INRAE, 2025), *A. spiraecola* se révèle anholocyclic. C'est une espèce polyphage capable d'envahir une multitude d'hôtes secondaires provenant d'une vingtaine de familles botaniques, y compris les *Citrus* (Hulle *et al.*, 1998). L'*A. spiraecola* est un insecte polyphage dont les principaux hôtes sont les *Spiraea* spp et les *Citrus* spp. Dans le domaine agricole, l'appellation *A. citricola* Van Der Goot (1912), fait référence à l'espèce dont le genre *Citrus* constitue l'hôte principal. *Citrus* voit plusieurs générations se développer tout au long de l'année, et cette espèce se multiplie par parthénogenèse (absence de reproduction sexuée) (Andreev *et al.*, 2009).

### **II.1. 5.2. *Aphis fabae* :**

Le puceron noir de la fève, *A. fabae* Scopoli (Hemiptera : Aphididae) est un puceron polyphage commun, représenté par un complexe de sous-espèces hétéroéciques et holocycliques, utilisant un large éventail de plantes-hôtes secondaires (Bouktila *et al.*, 2013). Son spectre d'hôtes comprend plus de 200 espèces végétales à travers le monde (Akca *et al.*, 2015). *A. fabae fabae* est originaire d'Europe et se retrouve, en Asie de l'Ouest, en Afrique et en Amérique du Sud, tandis que *A. fabae solanella* est l'espèce la plus dominante dans le bassin méditerranéen, le Moyen-Orient, le sous-continent indien ainsi que dans les régions chaudes d'Afrique et d'Amérique du Sud (Chaker *et al.*, 2022).

#### **II.1. 5.2.1 Position systématique**

Remaudiere et Remaudiere (1997) ont classé *A. fabae* comme suit :

**Règne :** Animal

**Embranchement :** Arthropodes

**Sous embranchement :** Mandibulates

**Classe :** Insectes

**Sous-classe :** Ptérygotes

**Section :** Néoptères

**Super ordre :** Hémiptéroïdes

**Ordre :** Homoptères

**Superfamille :** Aphidoidea

**Famille :** Aphididae

**Sous-famille :** Aphidinae

**Genre :** *Aphis*

**Espèces :** *Aphis fabae* Scopoli (1763).

#### **II.1. 5.2.2 Description morphologique d'*A. fabae***

*Aphis fabae* Scopoli est un puceron de petite taille, de couleur noir terne, mesurant entre 1,5 et 2 mm, parfois avec un abdomen segmenté recouvert d'un enduit poudreux (Muimba-Kankolongo, 2018). Il existe sous deux formes adultes : aptère (sans ailes) et alate (ailée) (Giblin & Manners, 2019).

La forme aptère du puceron noir de la fève *A. fabae* mesure environ 2 mm de long (Hulle *et al.*, 1999). Elle présente une coloration allant du vert olive foncé au noir mat, et son corps est recouvert d'une abondante sécrétion cireuse blanche. Les cornicules, de forme conique, sont nettement plus longues que la cauda, cette dernière étant courte, trapue et en forme de doigt (Leclant, 1999).

Sous sa forme ailée, *A. fabae* présente un corps plus allongé que celui de la forme aptère (Hulle *et al.*, 1999). Elle est de couleur sombre et possède des antennes relativement courtes, représentant environ les deux tiers de la longueur du corps. Le troisième article antennaire porte un grand nombre de sensorielles secondaires disposées de manière irrégulière. Quelques sensorielles peuvent également être présentes sur le quatrième article antennaire (Leclant, 1999).

## II.2. Généralités sur la cochenille du cactus : *Dactylopius opuntiae*

Actuellement, la cochenille cotonneuse (*Dactylopius opuntiae*) (Homoptère : Dactylopidae) peut être considérée comme l'insecte ravageur le plus important dans les vergers de cactus dans le monde. Au Brésil, elle a infesté 100 000 ha de cactus cultivés pour la production de fourrage, réduisant la productivité de 80% (Lobos *et al.*, 2013). Les cochenilles vivent à la surface du cactus, habituellement en agrégats ou en colonies composées d'individus à différents stades de développement, installées à la base des épines. Tous les dégâts d'alimentation sont causés par les femelles et les nymphes car elles aspirent la sève des cladodes et des fruits. Quelques semaines après leur installation sur une plante, des zones jaunes apparaissent sur le cladode qui finalement tombe. Bien que de nouveaux cladodes puissent pousser, ils vont aussi tomber si les cochenilles restent sur la plante. En fonction de la sévérité de l'infestation, le tronc peut aussi mourir (Inglese, 2018).



**Figure 18** : Cladode d'*O. ficus-indica* D. *opuntiae* (Suárez et Oromi, 2018)

### II.2.1. Cycle de vie de *D. opuntiae*

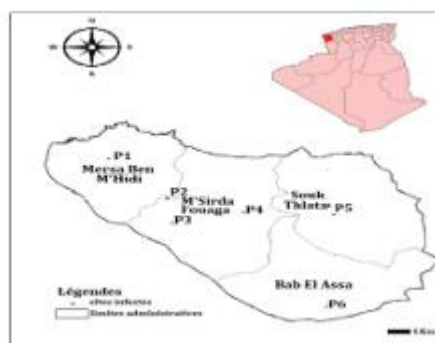
Selon Vishali *et al.* (2015), le cycle biologique complet des femelles est accompli en 77 jours et celui des mâles en 43 jours. Chaque femelle pond une moyenne de 131 œufs. La biologie des espèces du genre *Dactylopusis* ainsi que leur cycle de vie (qui peut varier en fonction de la température ambiante) et leurs caractéristiques morphologiques générales sont très similaires (Mathenge *et al.*, 2009). Parfois, les œufs sont difficiles à observer car ils éclosent à l'intérieur du corps de la femelle, mais le schéma normal est qu'ils forment une agglomération d'œufs, en quelques heures ils éclosent et les larves sont observées. Dans le cas de *D. opuntiae*, les femelles adultes restent en état de pré-oviposition pendant 19 à 25 jours. Par la suite, elles commencent à sécréter une goutte de liquide visqueux de couleur ambrée à l'ouverture du système reproducteur. Cette goutte fonce, lorsque la femelle adulte entre dans la période de ponte, qui dure environ 13 à 31 jours. Lorsque les larves émergent, elles cherchent l'endroit approprié dans le cladode pour insérer leur stylet avec lequel elles se nourrissent et les insectes restent fixés tout au long du cycle de vie. Le stade nymph I dure de 17 à 23 jours ; à ce stade, les femelles ne sont pas différenciées des mâles. Par la suite, les larves commencent à se couvrir de cire cotonneuse blanche et augmentent légèrement en taille. Le stade nymph II dure de 12 à 16 jours ; à partir de ce moment, les larves femelles continueront de croître en taille et se couvriront de cire cotonneuse jusqu'à atteindre le stade adulte (Mendel, 2009).

Les mâles s'enveloppent de cire et forment un cocon, cette étape dure 11 à 15 jours, et plus tard émergent les mâles adultes, qui ont des ailes, manquent de pièces buccales et mesurent environ un tiers de la taille de la femelle, à l'état adulte, ils ne vivent que 3 à 5 jours (Morales, 1994). À mesure que la température diminue, le cycle devient plus long, tandis que lorsque la température augmente, le cycle devient plus court (Antonio, 2014).

### II.2.2. Dégâts en Algérie

En 2016, le ravageur *D. opuntiae* a été repéré en Afrique du Nord, au Maroc, avant de migrer vers l'ouest de l'Algérie, notamment à Tlemcen et dans plusieurs localités de la région de Msirda. Sa propagation rapide a entraîné d'importants dommages sur le figuier de Barbarie (*O. ficus-indica*) (El Bouhissi *et al.*, 2021).

**Figure 19 :** Localisation d'infestation d'*O. ficus-indica* par *D. opuntiae* dans la région de Tlemcen (El Bouhissi *et al.*, 2021)



Selon El Bouhissi *et al.* (2021), le niveau d'infestation des plants des figes de Barbarie par le *D. opuntiae* dans différentes zones étudiées a été plus élevé dans les régions situées à proximité de la frontière algéro-marocaine. Cependant, cet insecte a subi une extension extraordinaire qui a provoqué des pertes économiques sur les plantations d'*Opuntia* spp (Vanegas-Rico *et al.*, 2010 ; Chavez-Moreno *et al.*, 2011).

### **II.2.3. Lutte mécanique et physique**

Les méthodes mécaniques pourraient être cruciales dans les zones où le premier signe d'infestation par la cochenille est détecté. La méthode consiste principalement à la récolte ou le nettoyage mécanique des cladodes ou des plantes infestées qui peuvent être détruites (par brûlage ou enfouissement).

#### **II.2.3.1 Lutte chimique**

La cochenille peut être contrôlée chimiquement lorsque 30% des plantes ont plus de 10 colonies. La lutte antiparasitaire d'un mélange de cyperme thrine et de chlorpyrifos ou de chlorpyrifos seul a conduit à un contrôle satisfaisant de *D. Opuntiae*, (Brito *et al.* 2008).

#### **II.2.3.2 Lutte biologique**

*D. opuntiae* n'est pas attaquée par les parasitoïdes en raison de la présence de l'acide carminique. Au Mexique, ses prédateurs ont été étudiés par Vanegas-Rico *et al.* (2010). Les espèces prédatrices les plus communes sont : *Leucopis bellula* (Diptera ; Chamaemyiidae), *Sympherobius barberi* (Neuroptera ; Hemerobiidae) et *Laetilia coccidivora* (Lepidoptera ; Pyralidae) (Garcia *et al.*, 2016). Il est à noter que le biotype '*stricta*' de *D. opuntiae*, ne survit que sur des espèces à faible croissance telles que *Opuntia stricta*. L'autre biotype, '*ticus*', est associé à des cactus arborescents, y compris *Opuntia ficus-indica*. Le biotype '*stricta*' a été utilisé, avec un succès considérable, pour la lutte biologique contre *O. stricta* en Australie pendant plus de soixante ans (Githure *et al.*, 1999).

**Chapitre 3**  
**La Plante Médicinale**  
*Chrysanthemum coronarium*

### III. La Plante Médicinale *Chrysanthemum coronium* L.

#### III.1. Caractères généraux

Le chrysanthème corona (*Chrysanthemum coronium* L.) est une plante de grande valeur en tant qu'aliment, remède et plante ornementale, appartenant à la famille des Astéracées. Il s'agit d'une plante herbacée annuelle à tiges verticales très ramifiées. Les feuilles présentent une bipennation lobée, sont sessiles, et l'inflorescence se caractérise par un anthodium. Les fleurs du disque ont une corolle jaune, tandis que les fleurons ligulés présentent une teinte jaune légèrement différente, parfois même blanche, l'akène est le fruit (Jytomyr, 2017).

Le chrysanthème en guirlande ou les feuilles de chrysanthème sont couramment consommés comme aliment diététique en Chine, au Japon, en Corée, en Inde et aux États-Unis ; on le retrouve partout en Ukraine, même s'il est principalement utilisé comme plante décorative et n'est pas généralement identifié en tant que légume. Le chrysanthème guirlande possède des propriétés nutritionnelles en raison de sa composition équilibrée en vitamines, carotène, micro et macroéléments, glucides simples et complexes, protéines, flavonoïdes et lactones. La plante possède une concentration importante en bêta-carotène et en potassium, tout en renfermant des composants indispensables à la santé (Jytomyr, 2017).



**Figure 20 :** *Chrysanthemum coronarium* L.

Selon Matelma (2022), le *Chrysanthemum coronarium* est identifié comme suit :

Nom latin :	<i>Chrysanthemum coronarium</i>
Nom de plante :	Chrysanthème corona
Variétés :	Plante annuelle
Hauteur maximale :	70 – 100 Cm
Couleur des fleurs :	Jaune et Blanche
Couleur des feuilles :	Verte
Floraison :	Mars, Avril et Mai
Emplacement :	Ensoleillé
Support idéal :	Terre normale, terre humide

### III.2. Présentation de la plante et description botanique

Le chrysanthème à couronne est une plante annuelle, dont la taille varie entre 20-80 cm pouvant parfois atteindre 100 cm. Elle est caractérisée par des tiges très ramifiées et très feuillues. Les feuilles sont alternées, sessiles et allongées, généralement bipennées à lobes pointus. Les fleurs sont tubulaires et ligulées, de couleur jaune (Fig.20) (Couplan, 2009).

Les feuilles présentent toutes une forte division, la majorité d'entre elles étant divisées deux fois et à bords acérés ; les feuilles intermédiaires et supérieures sont dépourvues de pétiole et entourent la tige à sa base par deux petites divisions (Bernard, 2006). Les capitules, ayant une largeur de 35 à 60 millimètres, possèdent des fleurs en langues qui se dilatent de manière assez soudaine sur toute leur partie supérieure. Les fruits de la périphérie, qui sont presque aussi grands que longs, montrent sur leur face intérieure, à l'un de leurs trois pièces, une sorte d'aile effilée et proéminente ; les autres fruits possèdent quatre pièces et sont plus étendus en longueur



**Figure 21** : Chrysanthème à couronne (Original, 2025)

qu'en largeur. Chaque fruit présente de petites glandes scintillantes entre les rayures longitudinales (Bernard, 2006).

### **III.3. Habitat et répartition géographique**

Le chrysanthème trouve ses origines dans la région méditerranéenne et l'Asie de l'Est. Ce produit est particulièrement apprécié en Chine et au Japon, où il porte le nom de Shungiku, mais il est également connu sous les appellations Tongho ou Tang d'or (Lefigaro, 2019).

Il s'agit d'une plante qui se développe dans les sols cultivés, les terrains en jachère, le long des routes, principalement sur des sols calcaires et qui recouvre fréquemment de vastes étendues. On la cultive aussi dans les jardins (Schonfelder et Schonfelder, 1989). On la rencontre dans le Bassin méditerranéen, elle est également cultivée en Chine et au Japon (Quezel et Santa, 1963) ; (Seidemann, 2005). Elle se développe mieux dans les climats frais tempérés, mais elle s'adapte bien aux altitudes plus élevées sous les tropiques. Quelques variétés peuvent même supporter une légère gelée. Il ne faut pas que les températures excèdent 25 °C, car cela entraînera une faible production de feuilles et une floraison prématurée. Le chrysanthème paraît être indépendant de la photopériode, s'épanouissant aisément dans les latitudes tempérées et tropicales. Il se développe plutôt bien en conditions de faible luminosité. Il est sujet à des conditions extrêmement humides ou à des pluies abondantes (Chauvet, 2020).

### **III.4. Taxonomie du *C. coronarium* L.**

La classification taxonomique de *C. coronarium* L. selon D'après Judd *et al.*, (2020) et Spichiger, (2002) ; Kowal et Muley *et al.* (2007) :

**Division :** Magnoliophyta

**Classe :** Magnoliopsida

**Sous-classe :** Astéride

**Ordre :** Asterales

**Famille :** Asteraceae

**Tribu :** Anthemideae

**Sous-famille :** Asteroideae

**Genre :** *Chrysanthemum*

**Espèce :** *Chrysanthemum coronarium* L. (Linne ,1975).

### **III.4. Importance de l'espèce *C. coronarium* :**

#### **III.4.1. Utilisation du chrysanthème à couronne**

Selon Dokuparthi et Manikanta (2015) et Luo *et al.* (2018), cette plante est comestible en tant que légume, tout en présentant une diversité d'activités biologiques, telles que les activités antimicrobiennes, antioxydantes, insecticides, nématocides et cytotoxiques (Pukalskas *et al.*, 2010 ; Haouas *et al.*, 2011, 2012 ; Dokuparthi et Manikanta, 2015). Par ailleurs, Abd-Allaa *et al.* (2014) ont indiqué différents bénéfices, notamment des effets antifongiques, anti-hypercholestérolémiants et anti-hyperglycémiant. Par ailleurs, une étude récente a révélé que le *C. coronarium* fermenté possède des propriétés anti-vieillessement *in vitro* (Park *et al.*, 2019).

# Matériel et Méthodes

## **I. Matériel biologique**

### **I.1. Objectif**

L'objectif principal de ce travail consiste à étudier et évaluer le pouvoir insecticide de l'extrait méthanol des feuilles de chrysanthème corona dans le but de déterminer son efficacité sur la mortalité des pucerons vert des agrumes (*Aphis spiraecola*), pucerons noir de la fève (*Aphis fabae*) et la cochenille farineuse du cactus (*Dactylopusis opuntiae*).

### **I.2. Matériel végétal**

La recherche est concentrée sur une espèce de plante médicinale et aromatique, à savoir le chrysanthème corona, identifiée en présence du Dr. BOUALEM Malika (Entomologiste à l'université de Mostaganem). La récolte a été effectuée de mars à Mai 2025. La plante a été cueillie dans la région de Mostaganem.



**Figure 22** : Chrysanthème à couronne (Original, 2025)

#### **I.2.1. Séchage et préparation du matériel végétal**

Le séchage des feuilles et tiges du chrysanthème a été effectué en plein air et à l'abri de la lumière pendant une durée de 10 à 15 jours. Une fois séché, le matériel végétal a été conservé dans des sacs en papier à température ambiante et à l'abri de la lumière (Fig. 22).



**Figure 23 :** Matériel végétal séché utilisé lors de l'expérimentation (Original, 2025)

### **I.2.2. Plantes hôtes traitées**

Les plantes traitées sont représentées par des feuilles de différentes espèces végétales, dont des feuilles d'oranger, des feuilles de fèves, et des petits morceaux de cladodes du *Cactus opuncia*, récoltées en mois d'Avril 2025 au niveau de la station expérimentale du département d'agronomie, université de Mostaganem sise Mazagran.



**Figure 24 :** Verger d'agrumes situé à la station expérimentale de l'université de Mostaganem (Mazagran)

### **I.3. Matériel animal**

Les insectes étudiés au cours de cette expérimentation sont le puceron vert des agrumes *A. spiraecola* (récoltés sur des feuilles de citronnier et d'oranger du verger d'agrumes), le puceron noir de la fève (récoltés sur des plants de fève) tous cultivés au niveau de la station expérimentale du département d'agronomie de l'université de Mostaganem ; et la cochenille

farineuse de la figue de barbarie, échantillons reçent de la part de la conservation des forêts de la wilaya de Mostaganem sur des cladodes infestées de la commune de Ain Ouissi .



*A. spiraecola* sur feuilles de citronnier



*A. fabae* sur feuilles de fève



*Doctylopius opuntiae* sur cladode de *Cactus opuntia*

**Figure 25** : Les trois espèces de bioagresseurs étudiés (*A. spiraecola*, *A. fabae* et *D. opuntiae*) (Original, 2025)

#### I.4. Protocole d'extraction des extraits hydroalcooliques (Polyphénols)

Dans le cadre de notre recherche, l'obtention d'extraits hydroalcooliques a été effectué dans le laboratoire de biochimie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Mostaganem. Pour ce faire, 20 g de poudre de feuilles de *Chrysanthemum coronarium* ont été traités avec du méthanol à 90°, un solvant utilisé pour la délipidation des matières végétales. La solution obtenue a été soumise à plusieurs tours d'agitation afin d'assurer une homogénéisation optimale. La matière végétale a ensuite été placée dans une cartouche de Soxhlet, puis 250 ml de méthanol ont été versés dans le ballon du dispositif avant de lancer l'extraction. Celle-ci a été menée pendant 1 h 45 min, permettant d'effectuer au moins six cycles, jugés nécessaires pour un épuisement complet de la matière végétale. L'extraction est arrêtée lorsque le liquide entourant la cartouche devient clair, indiquant que le solvant n'extrait plus de composés du substrat solide. Enfin, le contenu du ballon est récupéré et soumis à une évaporation sous vide à l'aide d'un rotavapor, afin d'éliminer le méthanol résiduel.



**Figure 26 :** Dispositif Soxhlet d'extraction par hydrodistillation

#### **I.4.1. Entrainement à la vapeur**

L'extrait obtenu est concentré par évaporation à sec à une température de 40°C à 45°C à l'aide d'un rotavapeur

L'opération a été répétée plusieurs fois afin d'obtenir un volume d'extrait suffisant pour la réalisation des tests *in vitro* prévus. L'extrait obtenu a été conservé dans un flacon ambré, hermétiquement fermé, à une température de 4 °C, à l'abri de la lumière. Après l'étape d'évaporation, 2 g de résidus secs et purs issus des feuilles de *C. coronarium* ont été récupérés. Ces résidus ont ensuite été dilués dans 20 ml de DMSO pur à 100% (diméthylsulfoxyde), selon un rapport de 1:10.



**Figure 27 :** Le dispositif du rotavapeur (Original, 2025)

#### I.4.1.1 Protocole de l'extraction

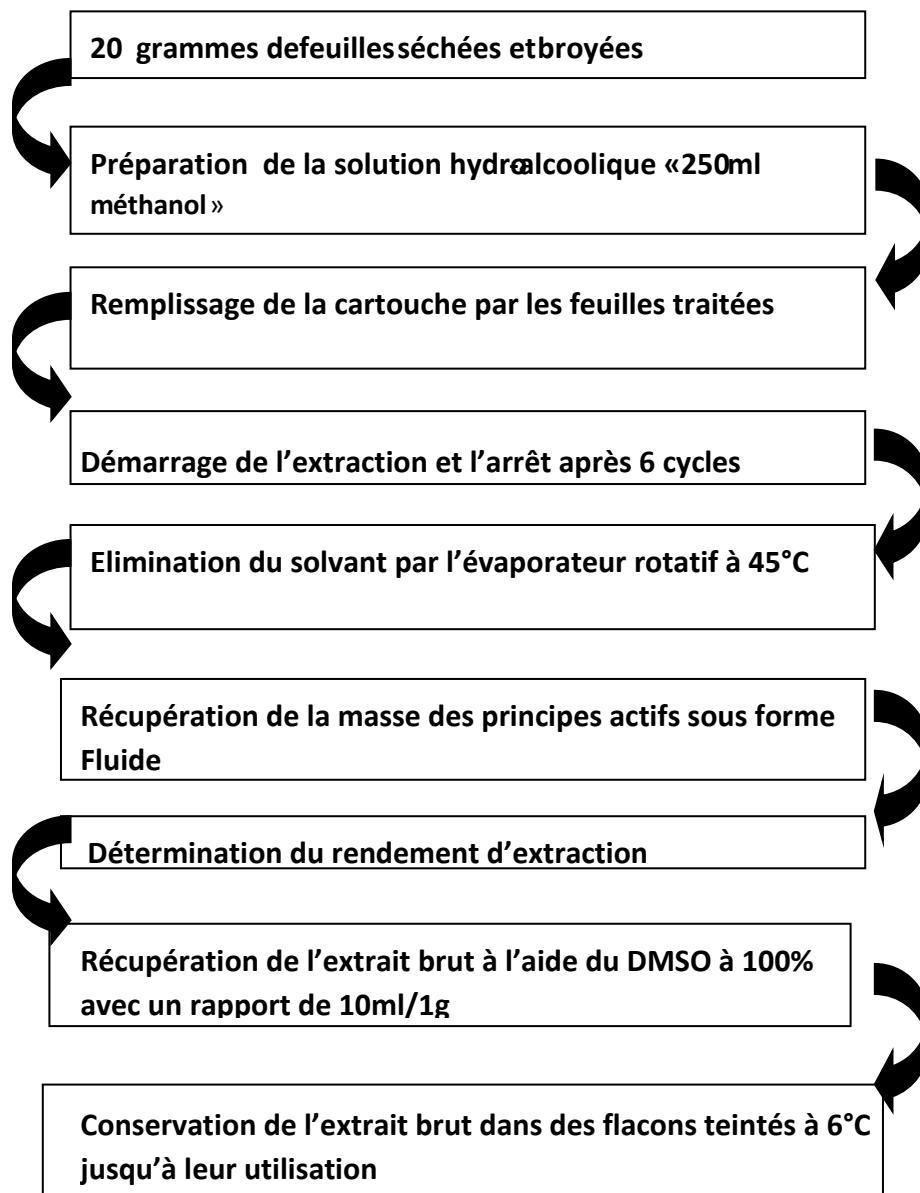


Figure 28 : Représentation schématisée de la méthode d'extraction (Original, 2025)

#### I.4.2. Rendement d'extraction

D'après Clémence et Dongmo (2009), le rendement, exprimé en pourcentage du poids du matériau initial, est défini par l'équation ci-dessous :

$$MC\% = \frac{(M - M_t) \cdot 100}{(100 - M_t)}$$

- **R** : Rendement (en %) ;
- **M<sub>ext</sub>** : Masse de l'extrait en g ;
- **M<sub>echa</sub>** : Masse de l'échantillon végétal en g.



**Figure 29 :** L'extrait obtenu après élimination du solvant (Original, 2025)

## **I.5. Evaluation de l'activité bio-insecticide**

### **I.5.1. Préparation des dilutions de l'extrait**

Pour la préparation de la solution mère, on a eu recours à la formule 1/10, où pour 1 gr de polyphénol, 10ml de solution sont nécessaire pour l'obtention d'une solution concentrée à 100%. Pour ce faire, 1gr de polyphénol a été pesé et puis dissout dans 10ml de DMSO (diméthylsulfoxyde). Après agitation on obtient une solution mère concentrée, qui nous permettra de réaliser les dilutions.

La solution mère (extrait brut) issue de *C. coronarium* est diluée par l'ajout d'eau distillée afin d'obtenir différentes concentrations de notre extrait polyphénolique, qui sera utilisé dans les tests *in vitro* à l'égard des différents bioagresseurs étudiés.

Les différentes doses ont été obtenues selon la formule ci-dessous :

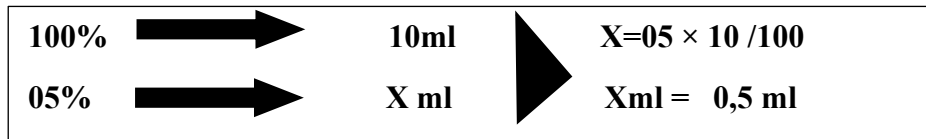
$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

Où :

- **C1** : concentration initiale (avant dilution)
- **V1** : volume initial prélevé
- **C2** : concentration finale (après dilution)
- **V2** : volume final (après ajout de solvant)

$$V2 = \frac{C2 \times V1}{C1}$$

Ci-dessous la méthode de calcul de la réduction de 5%:



Pour l'obtention de la concentration de 5%, on ajoute 0,5ml de solution mère à 9,5 ml d'eau distillée et avec la même méthode on calcule le reste des concentrations.

Ce qui nous a permis d'obtenir les 8 concentrations d'extraits polyphénoliques, à savoir 05% - 10% - 15% - 20% - 25% - 30% - 40% et 50%.



**Figure 30 :** La gamme des différentes concentrations de l'extrait hydroalcoolique du *C. coronarium* (Original 2025)

### I.5.2. Conduite de l'essai *in vitro*

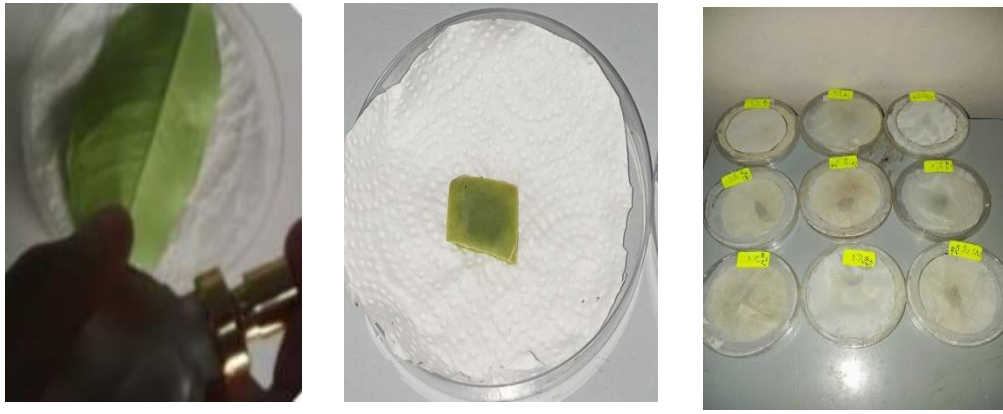
Des boîtes de Petri, dont le fond est recouvert d'une couche de papier absorbant humidifié avec des couvercles aérés par la présence de tulle, permettant ainsi la pénétration de l'air dans la boîte ont été utilisées lors de nos essais durant cette étude (Fig.30).



**Figure 31** : Préparation des boîtes de Petri pour l'essai (Original, 2025)

Pour les différents essais, quatre insectes concernés par l'étude ont été déposés sur des feuilles hôtes (oranger, fève et cactus) saines, le tout dans des boîtes de Petri à couvercle aéré, pour permettre le bon développement des insectes durant la période d'observation (Fig.31). L'essai a concerné trois boîtes de Petri répété trois fois, ce qui nous donne une somme de neuf boîtes avec 36 individus pour chaque dose, soit un total de 360 pucerons traités. Les doses étudiées sont 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 40% et 50%, en plus du témoin négatif qui était traité à base d'eau distillée et du témoin positif qui était traité à base du solvant DMSO pur à 100%.

Le traitement des trois espèces de bioagresseurs étudiés a été effectué par contact, ceci en pulvérisant l'extrait par un vaporisateur sur les individus vivants sélectionnés très minutieusement. Chaque lot obtient une pulvérisation de chaque dose, en plus des deux témoins T- et T+ positif.



**Figure 32** : Essai bioinsecticide d'extrait des feuilles du chrysanthème sur les trois bioagresseurs (Original, 2025)

# Résultats et discussion

## II. Résultats et discussion

### II.1. Rendement de l'extrait hydroalcoolique

Rendement de l'extrait hydroalcoolique est défini comme étant le rapport de la quantité des substances végétales extraites sur la quantité de matière végétale utilisées.

Dans notre étude, le rendement de l'extraction de *Chrysanthemum coronarium* L., obtenue par la méthode d'entraînement à la vapeur, a été de 16,46 %.

Ce résultat est cohérent avec les valeurs généralement rapportées pour les extraits polyphénoliques de la même espèce, qui se situent entre 15% et 18% (Ali *et al.*, 2014). De manière plus générale, des rendements compris entre 10% et 25% sont fréquemment observés pour les extraits polyphénoliques de plantes médicinales similaires, en fonction de la méthode d'extraction utilisée (Belhachat *et al.*, 2023).

Ainsi, le rendement obtenu suggère que la méthode appliquée est appropriée pour l'isolement efficace des métabolites phénoliques de *C. coronarium*. Ce résultat constitue une base solide pour envisager une caractérisation détaillée des composés antioxydants présents, ainsi que l'étude de leurs effets biologiques.



**Figure 33** : Rendement de l'extrait hydroalcoolique du *C. coronarium* (Originale, 2025)

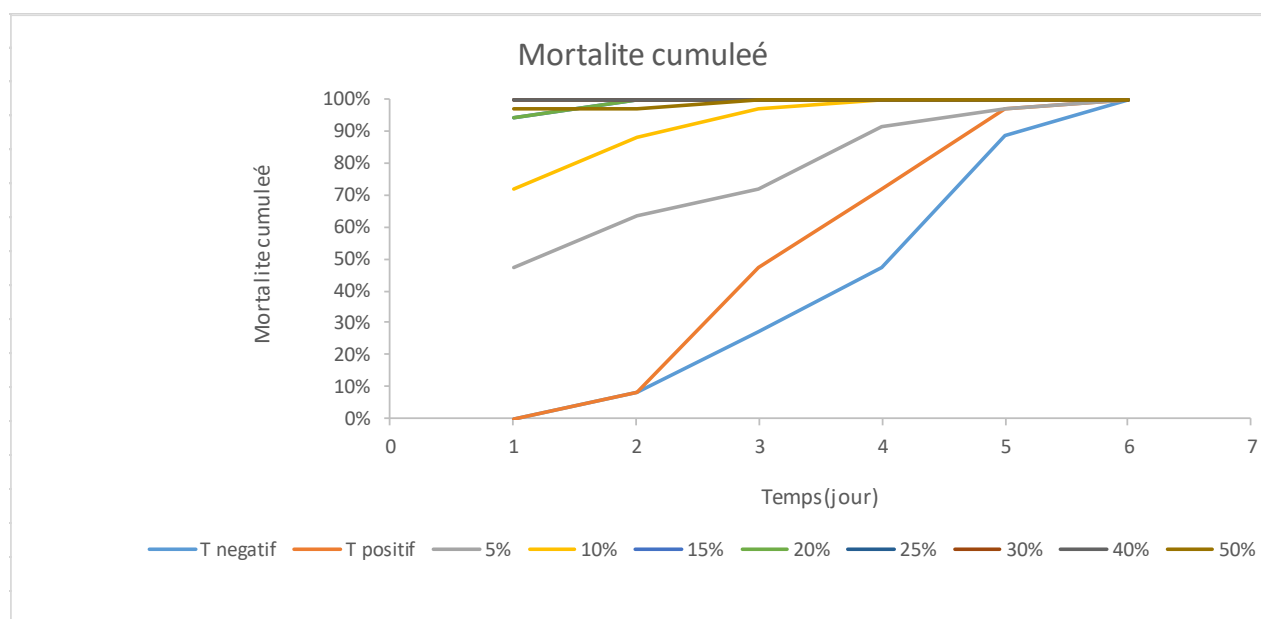
## II.2. L'activité insecticide

### II.2.1. Activité bioinsecticide de l'extrait hydroalcoolique de *C. coronarium* sur *A. spiraecola*

#### *Spiraecola*

#### II.2.1.1. Evaluation de la mortalité cumulée et corrigée d'*A. spiraecola* suite à l'exposition à l'extrait hydroalcoolique de *C. coronarium*

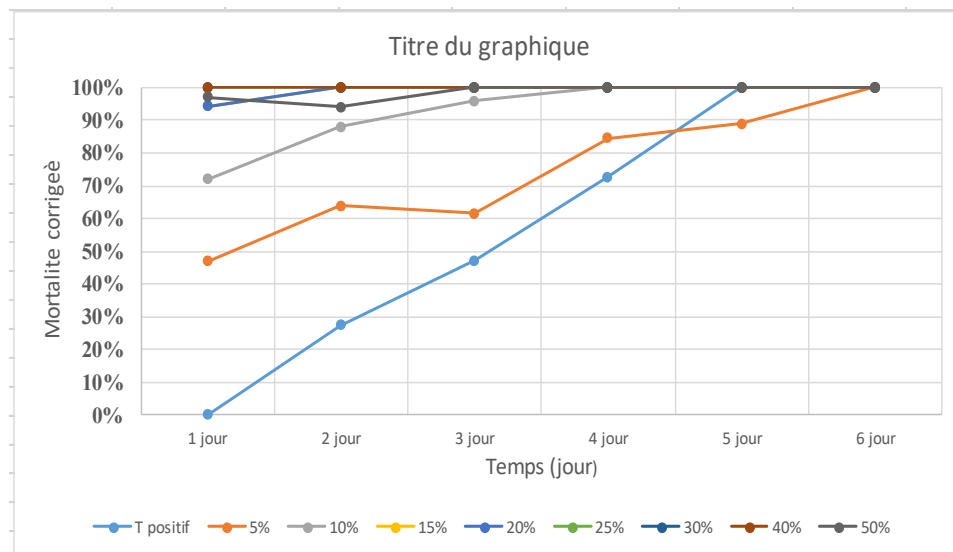
Les adultes d'*Aphis spiraecola*, pucerons verts des agrumes, ont été exposés à l'extrait botanique de *C. coronarium*. Le suivi des résultats a été effectué quotidiennement pendant une période de 7 jours. Une mortalité des pucerons a été observée dès les premières 24 heures pour toutes les concentrations d'extrait testées. En revanche, dans le témoin négatif, la mortalité n'a commencé à apparaître qu'après 48 heures. Les traitements à 30% et 40% ont entraîné une mortalité de 100% dès le 2<sup>e</sup> jour, tandis que la concentration à 50% a provoqué une mortalité totale au 3<sup>e</sup> jour d'exposition (Fig. 33).



**Figure 34 :** Evaluation du taux de mortalité cumulée d'*A. spiraecola* traité par l'extrait hydroalcoolique du chrysanthème corona

Les pourcentages de mortalité corrigée des adultes de pucerons ont été évalués en fonction du temps d'exposition et de la concentration de l'extrait des feuilles de *Chrysanthemum coronarium*. Les plus fortes concentrations (30%, 40% et 50%) ont provoqué une mortalité totale (100%) dès le deuxième jour d'exposition. Les concentrations intermédiaires (25% et 20%) ont entraîné une mortalité totale au quatrième jour. Enfin, les plus faibles doses (15%,

10% et 5%) ont induit une mortalité totale uniquement à l'issue du septième jour d'exposition (Fig.34).



**Figure 35 :** Évaluation du taux de mortalité corrigée d'*A. spiraecola*

### II.2.1.2. Calcul des doses létales DL50

La représentation graphique de la relation entre les différentes concentrations de l'extrait et la mortalité corrigée des pucerons met en évidence une corrélation positive entre la dose de feuilles de *C. coronarium* et la mortalité observée, avec un coefficient de corrélation de 0,5506.

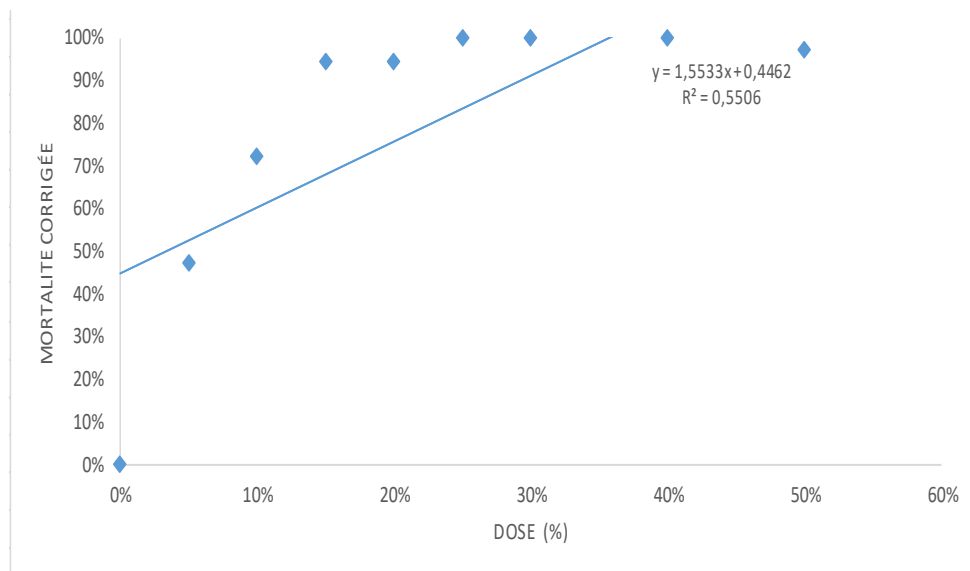
La dose létale médiane (DL<sub>50</sub>) calculée a été de 3,46 %.

Ces données ont permis d'établir une équation de régression linéaire du type :

$$Y = aX + b$$

où :

- Y= représente le pourcentage de mortalité corrigée,
- X = correspond au logarithme de la concentration.

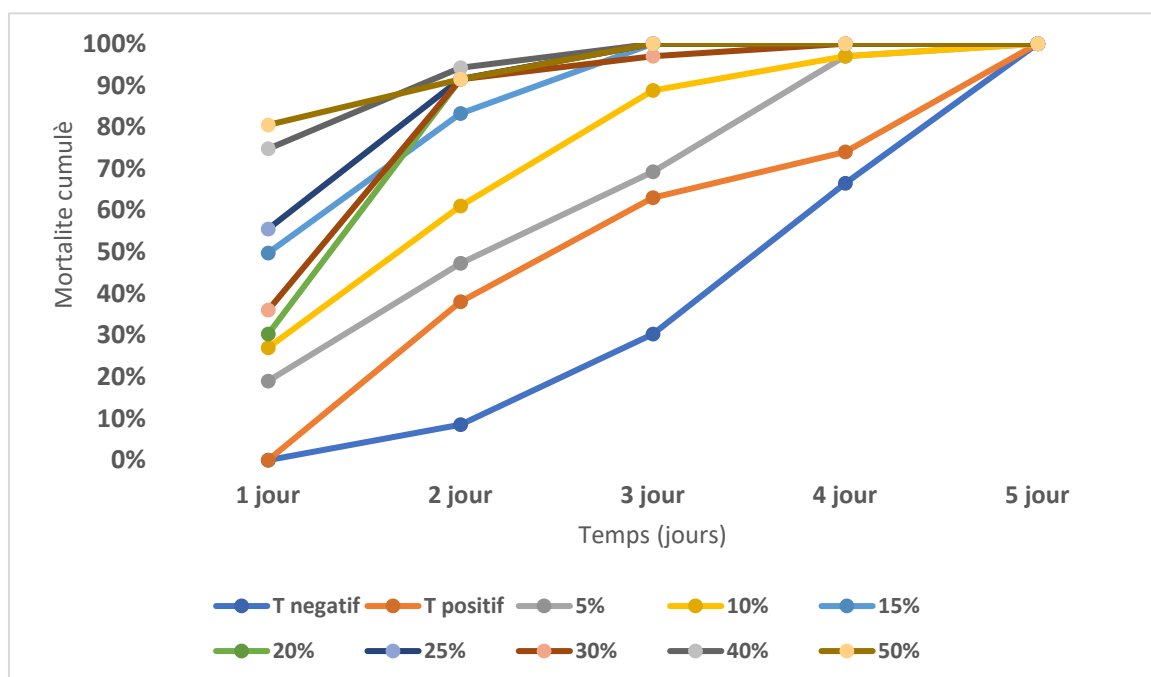


**Figure 36 :** Courbe de régression pour la détermination de la DL<sub>50</sub> de l'extrait hydroalcoolique du *C. coronarium* sur *A. spiraecola*

## II.2.2. Activité bioinsecticide de l'extrait hydroalcoolique de *C. coronarium* sur *A. fabae*

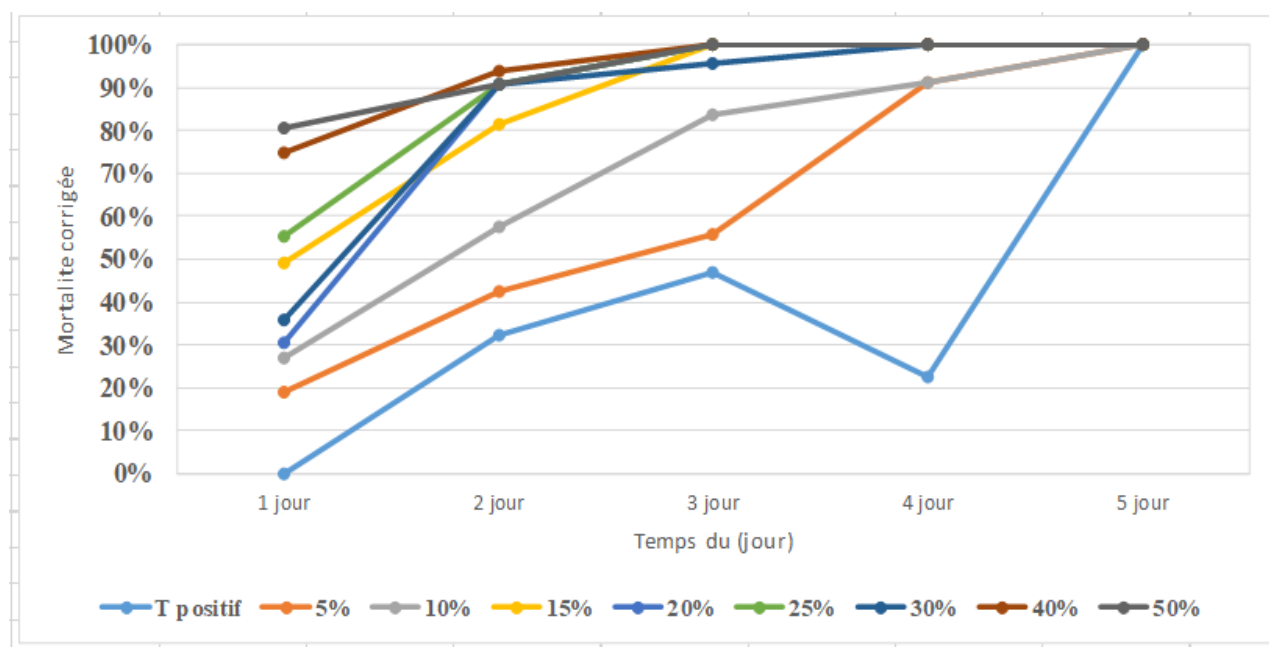
### II.2.2.1. Evaluation de la mortalité cumulée et corrigée d'*A. fabae* suite à l'exposition à l'extrait hydroalcoolique de *C. coronarium*

Les taux de mortalité corrigée des adultes d'*A. fabae* ont été évalués en fonction du temps d'exposition et de la concentration de l'extrait des feuilles de *C. coronarium*. Les concentrations les plus élevées (30 %, 40 % et 50 %) ont provoqué une mortalité totale (100 %) dès le deuxième jour d'exposition. Les doses intermédiaires (25 % et 20 %) ont entraîné une mortalité totale au quatrième jour. Enfin, les concentrations les plus faibles (15 %, 10 % et 5 %) ont nécessité sept jours d'exposition pour induire une mortalité totale des pucerons (Fig. 36).



**Figure 37 :** Evaluation du taux de mortalité cumulée de chrysanthème corona sur les adultes d'*A. fabae*

La figure 37, illustre l'évolution des taux de mortalité corrigée des adultes de pucerons (*A. fabae*) en fonction du temps d'exposition et des concentrations de l'insecticide botanique à base de *C. coronarium* utilisé. Les concentrations les plus élevées (30%, 40% et 50%) ont entraîné une mortalité totale (100%) dès les premiers jours. Les pucerons restants, exposés aux doses inférieures, ont été suivis jusqu'au 7<sup>e</sup> jour afin d'évaluer la mortalité cumulative.

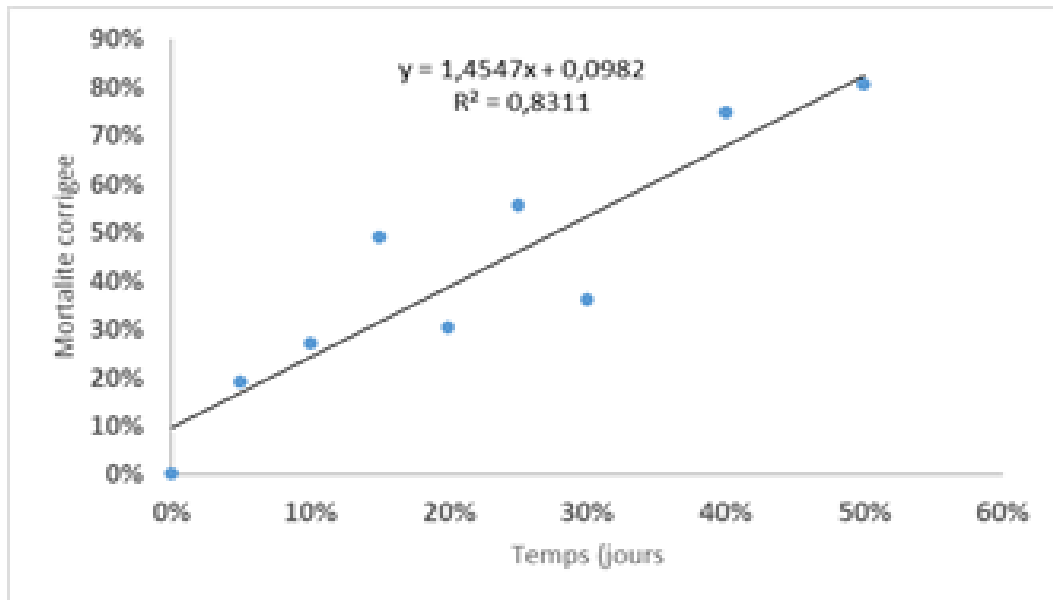


**Figure 37 :** Effet de l'extrait méthanolique de chrysanthème corona sur les taux de mortalité corrigée d'*A. fabae*

#### II.2.2.2. Calcul des doses létales DL50

Les figures 2 et 3 illustrent l'efficacité de l'extrait méthanolique et mettent en évidence la relation proportionnelle entre la dose de traitement et la mortalité corrigée des pucerons noirs de la fève (*A. fabae*), avec un coefficient de corrélation de 0,8311.

La dose létale médiane (DL<sub>50</sub>), estimée au 7<sup>e</sup> jour, est de 27,62 %.



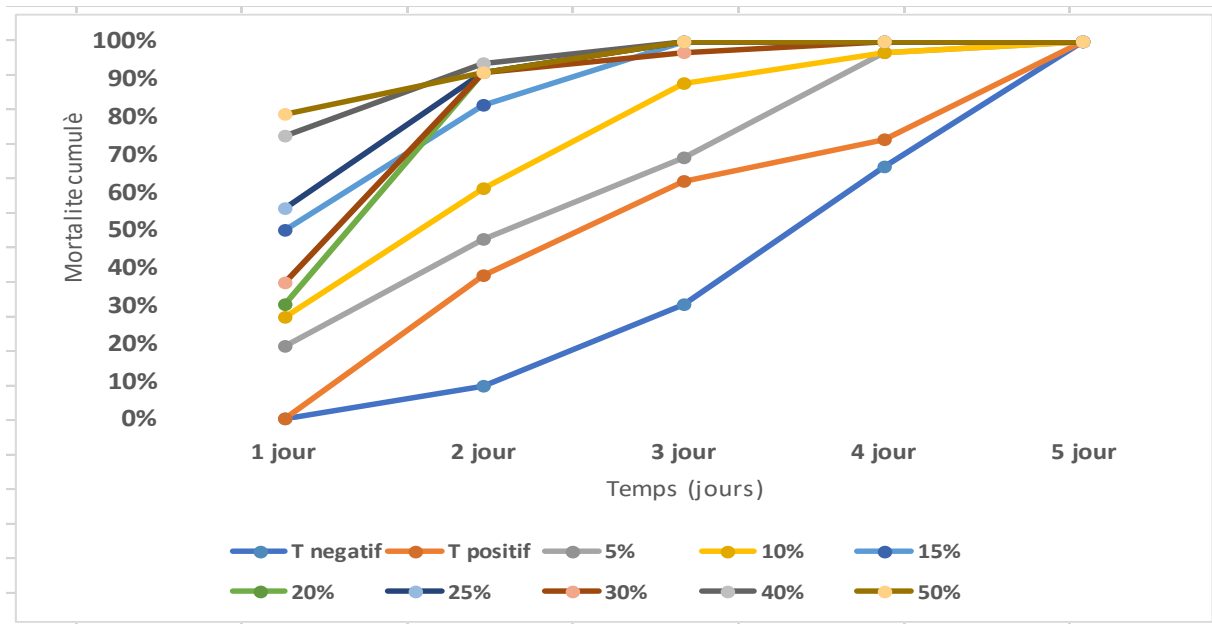
**Figure 38 :** Courbe de régression pour la détermination de la  $DL_{50}$  de l'extrait hydroalcoolique du *C. coronarium* sur *A. fabae*

### II.2.3. Activité bioinsecticide de l'extrait hydroalcoolique de *C. coronarium* sur cochenille farineuse (*Dactylopus opuntiae*)

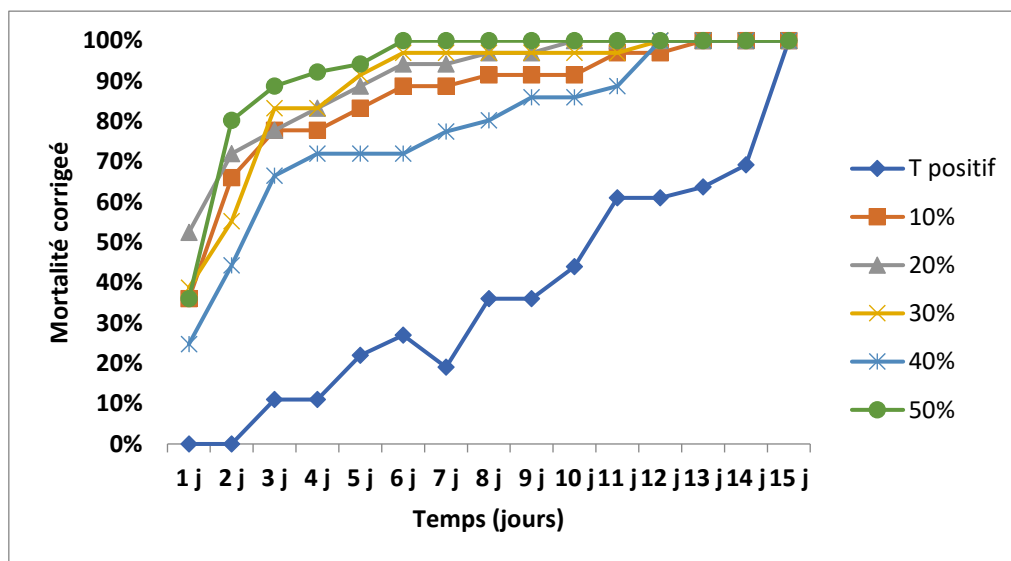
#### II.2.3.1. Evaluation de la mortalité cumulée et corrigée de *Dactylopus opuntiae* suite à l'exposition à l'extrait hydroalcoolique de *C. coronarium*

La figure suivante illustre l'évolution du taux de mortalité des cochenilles farineuses (*Dactylopus opuntiae*) en fonction du temps d'exposition aux différentes concentrations de l'extrait hydroalcoolique de *C. coronarium*.

Les résultats obtenus montrent que toutes les doses appliquées ont induit des taux de mortalité supérieurs à ceux du témoin. Chez les insectes témoins, une légère mortalité, estimée à environ 20% a été observée au 7<sup>e</sup> jour. Les concentrations de 50%, 40% et 30% ont entraîné une mortalité totale (100%) au 10<sup>e</sup> jour, tandis que les doses de 20%, 10% et le témoin ont atteint respectivement des mortalités de 20%, 10% et 20% à l'issue du 15<sup>e</sup> jour d'exposition.



**Figure 39 :** L'évaluation du taux de mortalité cumulée de *C. coronarium* sur la cochenille farineuse (*D. opuntiae*)



**Figure 40 :** L'évaluation du taux de mortalité corrigée de la cochenille farineuse (*D. opuntiae*) traitée à l'extrait hydroalcoolique de *C. coronarium*

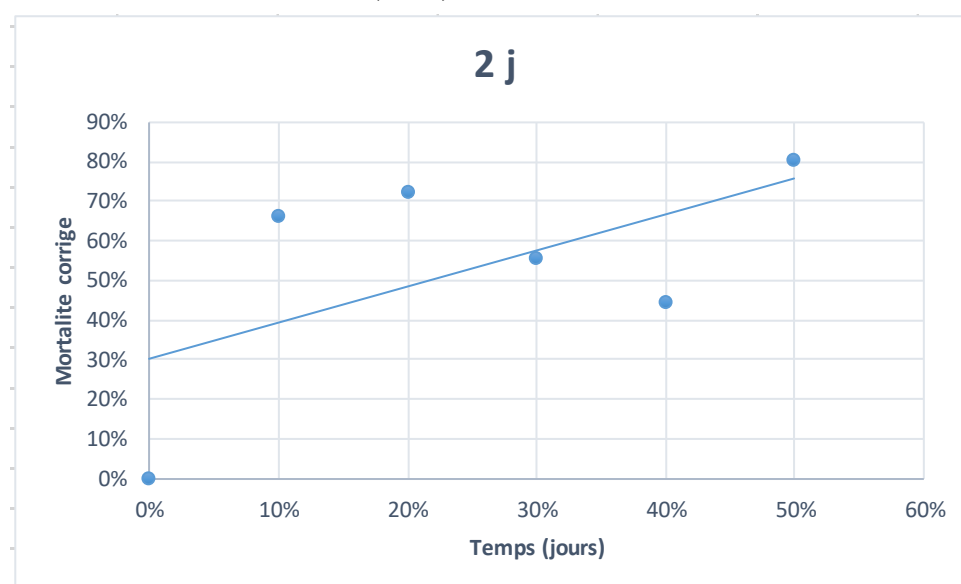
L'observation de la mortalité cumulée des insectes exposés à l'extrait polyphénolique de *C. coronarium* révèle une relation dose-dépendante. À la concentration de 50%, une mortalité cumulative de 100% est atteinte dès le 6<sup>e</sup> jour, tandis qu'aux doses de 40% et 30%, ce taux est observé au 8<sup>e</sup> jour. Pour les concentrations plus faibles (20% et 10%), la mortalité totale n'est atteinte que plus tardivement, au 13<sup>e</sup> jour.

En terme de comparaison, le témoin négatif ne provoque une mortalité complète qu'après 15 jours, alors que le témoin positif au DMSO induit une mortalité de 100% dès le premier jour. Ces résultats, obtenus sur trois répétitions indépendantes (R1, R2, R3) pour chaque concentration, confirment l'effet dose-dépendant des polyphénols de *C. coronarium* sur la survie des insectes.

### II.2.3.2. Calcul des doses létales DL50

Les résultats obtenus confirment l'efficacité des polyphénols extraits de *C. coronarium* contre le ravageur *D. opuntiae* en terme de toxicité. Une corrélation positive, avec un coefficient de 0,3497, a été observée entre les concentrations appliquées et la mortalité.

La concentration létale médiane (DL<sub>50</sub>) a été déterminée à 21,76 % .



**Figure 41** : Courbe de régression pour la détermination de la DL<sub>50</sub> de l'extrait hydroalcoolique du *C. coronarium* sur *D. opuntiae*

## Conclusion

Cette recherche a clairement prouvé l'action insecticide de l'extrait hydroalcoolique de *Chrysanthemum coronarium* contre trois ravageurs majeurs : *Aphis spiraeicola*, *Aphis fabae* et *Dactylopius opuntiae*. Les conclusions mettent en évidence une relation dose-réponse prononcée, où l'impact mortel s'accroît en fonction de la concentration et du temps d'exposition. L'extrait a montré une efficacité remarquable en agissant rapidement sur *A. spiraeicola* ( $DL_{50} = 3,46\%$ ), provoquant une mortalité complète en 48 heures à partir d'une concentration de 30%, alors que *D. opuntiae* et *A. fabae* nécessitaient des doses plus importantes ( $DL_{50} = 21,76\%$  et  $27,62\%$  respectivement) et des périodes d'exposition plus longues.

L'efficacité de cet extrait végétal s'explique par son rendement d'extraction notable (16,46 %), démontrant la pertinence de la technique d'extraction Soxhlet pour l'obtention de composés bioactifs. Associée à sa composition naturelle, cette performance confère à *C. coronarium* une réelle alternative aux insecticides de synthèse. Son utilisation pourrait contribuer à réduire la dépendance aux produits chimiques, limitant ainsi les risques d'écotoxicité, le développement de résistances chez les ravageurs, ainsi que les impacts négatifs sur la biodiversité auxiliaire.

Cependant, la transposition des résultats obtenus *in vitro* aux conditions réelles nécessite des validations supplémentaires. Des essais *in vivo* seront indispensables pour évaluer l'influence des facteurs environnementaux (rayonnement UV, pluviométrie, variations thermiques) sur la stabilité et la durabilité de l'effet insecticide. Par ailleurs, l'identification des composés bioactifs responsables, tels que les pyréthrines, les alcaloïdes ou les terpénoïdes, pourrait ouvrir la voie à l'optimisation de formulations ciblées et plus efficaces.

En terme, cette étude contribue à élargir l'éventail des solutions phytosanitaires durables. Elle met en évidence le potentiel prometteur de la flore méditerranéenne, en particulier *C. coronarium*, dans le cadre de la lutte intégrée contre les ravageurs. Elle souligne également l'importance stratégique d'explorer de manière systématique les plantes locales en vue de promouvoir une agriculture respectueuse de l'environnement. Pour garantir la pérennité de cette approche innovante, il sera essentiel d'intégrer des analyses socioéconomiques ainsi que le développement de procédés de production à grande échelle dans les recherches futures.

## Références bibliographiques

- Abd-Allaa, M. A., El-Gamal, A. A., & El-Massry, K. F. (2014). Chemical composition, antifungal and anti-hypercholesterolemic activities of the essential oil of *Chrysanthemum coronarium* L. flowers. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 17 (5), 803-810.
- Agustí, M., Mesejo, C., Muñoz-Fambuena, N., Vera-Sirera, F., de Lucas, M., & Martínez-Fuentes, A. (2014). Fruit-dependent epigenetic regulation of flowering in Citrus. *New Phytologist*, 201 (3), 918-926.
- Akca, I., Ayvaz, T., Yazici, E., Smith, C. L., & Chi, H. (2015). Demography and population projection of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae): With additional comments on life table research criteria. *Journal of Economic Entomology*, 108 (4), 1466–1478.
- Ali, S., Khan, M. R., & Rashid, U. (2014). Phytochemical and biological activities of *Chrysanthemum coronarium* L.: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 8 (45), 1325–1331.
- Ammar, M. I., El-Mougy, N. S., & Abdel-Kader, M. M. (2004). Fungal pathogens associated with cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) in Egypt. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 32 (1), 17–26.
- Anderson, E. F. (1996). *The cactus family*. Timber Press.
- Andreev, R., Kutinkova, H., & Subchev, M. (2009). *Aphis spiraeicola* Patch (Hemiptera: Aphididae) – a new pest on citrus in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 15 (4), 307–311.
- Antonio, C. (2014). *Biología y control de la cochinilla del carmín ( Dactylopius opuntiae ) en nopal tunero [Tesis de Maestría]*. Colegio de Postgraduados.
- Bachés, N., & Bachés, C. (2011). *Les agrumes* . Éditions Quae.
- Banouh, Y., & Chabane Chaouche, S. (2017). Les pucerons des agrumes en Algérie: Biodiversité et importance économique. *Revue des Sciences Naturelles* , 14 (1), 45–52.
- Barthlott, W., Burstedde, K., Geffert, J. L., Ibisch, P. L., Korotkova, N., Miebach, A., & Mutke, J. (2015). Biogeography and biodiversity of cacti. *Schumannia*, 7, 1–205.

- Belhachat, D., Mekimene, L., Belhachat, M., Ferradji, A., & Kirsch, G. (2023). Optimization of extraction method and evaluation of antioxidant activity of phenolic compounds from *Chrysanthemum coronarium* L. leaves. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 33, 100450.
- Benattia, F. (2017). Le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) en Algérie: état des lieux et perspectives [Thèse de doctorat]. Université de Batna.
- Benaissat, B. (2015). Les agrumes en Algérie: production, contraintes et perspectives . Éditions Universitaires Européennes.
- Benhalima-Kamel, M., Ben Hamouda, M. H., & Moncef, M. (1994). Les cochenilles des agrumes en Tunisie. *IOBC/WPRS Bulletin*, 17 (7), 1–6.
- Benson, L. (1982). *The cacti of the United States and Canada*. Stanford University Press.
- Bernard, F. (2006). *Flore méditerranéenne: à portée de main* . Éditions Edisud.
- Biche, M. (2012). Les ravageurs des agrumes en Algérie: identification et méthodes de lutte . Institut National de la Protection des Végétaux.
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2000). *Aphids on the world's crops: An identification and information guide* (2<sup>e</sup> éd.). John Wiley & Sons.
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2007). *Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs*. John Wiley & Sons.
- Bouktila, D., Kharrat, I., Makni, H., & Makni, M. (2013). Genetic diversity of *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae) in Tunisia inferred from RAPD markers. *African Entomology*, 21 (1), 1–9.
- Bouznad, Z., El Hadj, M. O., & Kayouli, C. (2001). La fève (*Vicia faba* L.) en Algérie: situation et perspectives. *Cahiers Options Méditerranéennes* , 56 , 217–220.
- Brault, V., Uzest, M., Monsion, B., Jacquot, E., & Blanc, S. (2010). Aphids as transport devices for plant viruses. *Comptes Rendus Biologies* , 333 (6–7), 524–538.
- Brito, C. H., de Oliveira, J. E. M., Gondim Jr., M. G. C., & Marques, E. J. (2008). Eficiência de inseticidas no controle da cochonilha-do-carmim *Dactylopius opuntiae*

(Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) em palma gigante. *Revista Caatinga*, 21 (1), 24–28.

- Buchholz, A., & Nauen, R. (2002). Translocation and translaminar bioavailability of two neonicotinoid insecticides after foliar application to cabbage and cotton. *Pest Management Science*, 58 (1), 10–16.
- CABI. (2024). *Aphis spiraecola* (green citrus aphid). *Invasive Species Compendium*. CAB International.
- Caieb, A., Boukhris, M., & Chaieb, M. (2011). Nutritional and chemical composition of *Vicia faba* L. seeds grown in Tunisia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 (3), 410–415.
- Chaker, M., Bouktila, D., & Makni, M. (2022). Genetic structure of *Aphis fabae* populations in Tunisia. *Bulletin of Entomological Research*, 112 (1), 45–53.
- Chauvet, M. (2020). *Le chrysanthème comestible: Chrysanthemum coronarium L.* Éditions Actes Sud.
- Chavez-Moreno, C. K., Tecante, A., & Claps, L. E. (2011). Distribution and habitat in Mexico of *Dactylopius costa* (Hemiptera: Dactylopiidae) and their natural enemies. *Acta Zoológica Mexicana*, 27 (3), 703–720.
- Chaubet, B., Faivre d’Arcier, F., & Le Ralec, A. (2024). *Les pucerons des cultures*. Éditions Quae.
- Chaux, C., & Foury, C. (1994). *Légumineuses à grain: production et amélioration*. INRA.
- Christelle, M. (2007). *Les pucerons: biologie, écologie et lutte*. Éditions France Agricole.
- Clémence, M., & Dongmo, P. M. J. (2009). Techniques d’extraction des principes actifs des plantes médicinales. *Revue des Sciences et Techniques*, 7 (1), 45–58.
- Couplan, F. (2009). *Le régal végétal: plantes sauvages comestibles* (3<sup>e</sup> éd.). Éditions Sang de la Terre.
- Dajoz, R. (2000). *Précis d’écologie* (7<sup>e</sup> éd.). Dunod.

- Dixon, A. F. G. (2000). Insect predator-prey dynamics: Ladybird beetles and biological control. Cambridge University Press.
- Dokuparthi, S. K., & Manikanta, K. (2015). Pharmacological activities of *Chrysanthemum coronarium* L.: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 4 (3), 191–194.
- Dridi, B., Boumaiza, M., & Chessa, I. (2011). La culture de la fève (*Vicia faba* L.) en Tunisie: contraintes et perspectives. *Cahiers Agricultures*, 20 (6), 467–472.
- Duc, G. (1997). Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*, 53 (1–3), 99–109.
- Eaton, E. (2009). *Aphids: A gardener's guide*. Crowood Press.
- El Bouhissi, H., Mimeche, F., Chemakh, M. S., & Benfekih, L. A. (2021). First report of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) in Algeria. *EPPO Bulletin*, 51 (2), 420–423.
- El macane, A., El Fadl, A., & El Oualkadi, A. (2003). Les besoins en eau des agrumes dans le périmètre du Loukkos (Maroc). *Revue HTE*, 128, 17–22.
- El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M. S., & Cherkaoui-Malki, M. (2014). Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules*, 19 (9), 14879–14901.
- El-Otmani, M. (2005). Citrus production in Morocco. Dans *Production practices and quality assessment of food crops* (pp. 147–166). Springer.
- Esclapon, J. (1975). *Les agrumes*. PUF.
- Faedda, R., Granata, G., & Magnano di San Lio, G. (2015). *Alternaria diseases of citrus*. Dans *Alternaria in plants* (pp. 85–108). Academic Press.
- FAO. (2018). *Cactus as fodder in arid and semi-arid regions*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Foster, S. P., Harrington, R., Dewar, A. M., Denholm, I., & Devonshire, A. L. (2000). Comparative survival of insecticide-susceptible and resistant peach-potato aphids,

*Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), in low temperature field trials. *Bulletin of Entomological Research* , 90 (1), 17–27.

- Fournier, E. (2010). *Les pucerons: un fléau pour les plantes* . Éditions De Vecchi.
- Fraval, A. (2006). Les pucerons des cultures maraîchères. *PHM Revue Horticole* , 477 , 27–32.
- Fraval, A. (2006a). *Les pucerons de nos jardins* . INRA Éditions.
- Franchois, P., & Georget, F. (2006). *Les pucerons des agrumes* . CIRAD.
- François, L. (1999). *Biologie des pucerons* . Éditions Quae.
- Fredon, D. (2008). *Les pucerons: reconnaître et lutter* . Éditions Artémis.
- Furk, C., & Hines, C. M. (1993). Aspects of insecticide resistance in the melon and cotton aphid, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). *Annals of Applied Biology*, 123 (1), 9–17.
- Garcia, M. L., Ochoa, R., & Aguilar, H. (2016). Natural enemies of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) on *Opuntia* spp. in Mexico. *Acta Zoológica Mexicana*, 32 (1), 1–12.
- Giblin, R., & Manners, A. (2019). *Aphis fabae* (black bean aphid). Dans *Encyclopedia of insects* (2<sup>e</sup> éd., pp. 38–39). Academic Press.
- Gibson, A. C., & Nobel, P. S. (1986). *The cactus primer*. Harvard University Press.
- Giordanengo, P., Brunissen, L., Rusterucci, C., Vincent, C., & Pelissier, H. (2010). Compatible plant-aphid interactions: How aphids manipulate plant responses. *Comptes Rendus Biologies* , 333 (6–7), 516–523.
- Gordon, M. H. (2004). *Nutritional and toxicological aspects of food safety*. Springer.
- Goyoga, N., Beyene, Y., & Assefa, F. (2011). Genetic diversity in Ethiopian faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm as revealed by morphological markers. *African Journal of Biotechnology*, 10 (73), 16568–16580.
- Granata, G., & Sidoti, A. (1997). Alternaria rot of cactus pear in Italy. *Plant Disease* , 81 (11), 1283.

- Gutiérrez, M. A. (1992). Enfermedades del nopal en México. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* , 37 (4), 75–82.
- Hamadache, M. (2003). *La culture de la fève en Algérie* . Éditions OPU.
- Haouas, D., Halima-Kamel, M. B., & Hamouda, M. H. (2011). Activité insecticide des huiles essentielles de *Chrysanthemum coronarium* L. sur *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Entomology and Nematology*, 3 (3), 30–35.
- Haouas, D., Halima-Kamel, M. B., & Hamouda, M. H. (2012). Effet insecticide des extraits de *Chrysanthemum coronarium* L. sur *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Entomology and Nematology* , 4 (1), 1–6.
- Harmel, N., Létocart, E., Cherqui, A., Giordanengo, P., Mazzucchelli, G., Guillonneau, F., ... & Francis, F. (2008). Identification of aphid salivary proteins: A proteomic investigation of *Myzus persicae*. *Insect Molecular Biology*, 17 (2), 165–174.
- Hayo, M. G. W., & Van der Werf, W. (1997). The environmental impact of pesticides. Dans *Pesticides: Developments, impacts, and controls* (pp. 1–18). Royal Society of Chemistry.
- Hebrard, A., Froissart, R., Louis, C., & Michalakakis, Y. (1999). Les virus transmis par les pucerons. *Virologie* , 3 (4), 255–268.
- Hernandez, H. M., & Barcenas, R. T. (1995). Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: I. Distribution patterns. *Conservation Biology* , 9 (5), 1176–1188.
- Huffposte Algérie. (2015, 15 septembre). L'Algérie lance sa première unité de transformation de figues de barbarie . <https://www.huffpostmaghreb.com/>
- Hullé, M., Turpeau, E., & Chaubet, B. (1998). *Les pucerons des plantes cultivées: clé d'identification* . INRA Éditions.
- Ighil, A., Cherqui, A., & Tjallingii, W. F. (2011). Les dégâts des pucerons: mécanismes et conséquences. *Phytoma* , 642 , 38–41.
- INRA. (2019). *Les pucerons: biologie et écologie* . <https://www.inrae.fr/>
- INRA France. (2012). *Les agrumes: de la fleur au fruit* . Éditions Quae.
- INRAE. (2025). *Aphis spiraecola* (Patch, 1914). <https://www.inrae.fr/>

- Inglese, P. (2010). Cactus pear: Production and utilization . FAO.
- Inglese, P. (2018). Cactus pear diseases and pests . FAO.
- ITAFV. (2012). Maladies des agrumes . Institut Technique de l’Agriculture Fruitière et Viticole.
- Jacquemond, C., Curk, F., & Heuzet, M. (2009). Les agrumes . Éditions Quae.
- Jytomyr, J. (2017). *Chrysanthemum coronarium* : A review on its traditional uses, phytochemistry and pharmacological activities. *Journal of Ethnopharmacology* , 203 , 118–132.
- Khaldi, A., Bouhaddi, M., & Benbelkacem, A. (2002). Effet de la rotation fève-blé dur sur le rendement et la qualité du blé dur. *Cahiers Agricultures* , 11 (3), 171–176.
- Leclant, F. (1970). Les champignons entomopathogènes des pucerons. *Annales de Zoologie Écologie Animale* , 2 (3), 335–344.
- Leclant, F. (2000). Les pucerons des plantes cultivées. *PHM Revue Horticole* , 417 , 15–20.
- Lefigaro. (2019, 12 octobre). Le chrysanthème comestible: une fleur à déguster . <https://www.lefigaro.fr/>
- Lexmond, M. B., Bonmatin, J. M., Goulson, D., & Noome, D. A. (2015). Worldwide integrated assessment on systemic pesticides. *Environmental Science and Pollution Research* , 22 (1), 1–4.
- Lobos, G. A., Retamales, J. B., & del Pozo, A. (2013). *Opuntia* spp. as a crop in Chile: Present situation and perspectives. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* , 15 , 1–14.
- Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R. J., & Lopez-Bellido, F. J. (2005). Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy* , 23 (4), 359–378.
- Loussert, R. (1987). Les maladies des agrumes . Éditions Maisonneuve & Larose.
- Loussert, R. (1989). Les agrumes . Éditions Maisonneuve & Larose.

- Lu, Y., Wu, K., Jiang, Y., Guo, Y., & Desneux, N. (2012). Widespread adoption of Bt cotton and insecticide decrease promotes biocontrol services. *Nature* , 487 (7407), 362–365.
- Luo, Y., Wang, H., Xu, X., Mei, X., & Liu, Y. (2018). *Chrysanthemum coronarium* L.: A comprehensive review of its traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and toxicology. *Journal of Ethnopharmacology* , 227 , 164–191.
- Madani, K., Chmit, M. S., & Boukhari, M. E. M. (2016). Le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*): une ressource naturelle sous-exploitée en Algérie. *Revue des BioRessources* , 6 (2), 1–12.
- Malainine, M. E., Dufresne, A., Dupeyre, D., Mahrouz, M., Vuong, R., & Vignon, M. R. (2001). Structure and morphology of cladodes and spines of *Opuntia ficus-indica*. Cellulose extraction and characterisation. *Carbohydrate Polymers* , 51 (1), 77–83.
- Matelma. (2022). *Chrysanthemum coronarium* (chrysanthème corona). <https://www.matmelma.com/>
- Mathenge, C. W., Holford, P., Hoffmann, J. H., Zimmerman, H. G., Spooner-Hart, R., & Beattie, G. A. C. (2009). The biology of *Dactylopius tomentosus* (Hemiptera: Dactylopiidae). *Bulletin of Entomological Research*, 99 (6), 551–559.
- Mauseth, J. D. (1990). *Plant anatomy*. Benjamin/Cummings.
- Medjdoub, R. (2014). *Les agrumes en Algérie: production et commercialisation* . Éditions Universitaires Européennes.
- Mendel, Z. (2009). *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae), a new prickly pear cactus pest in the Mediterranean Basin. *Phytoparasitica*, 37 (3), 223–227.
- Mezni, F. (2011). *La fève ( Vicia faba L.): culture et amélioration* . Éditions OPU.
- Mobhammer, M. R., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2006). Cactus pear fruits (*Opuntia* spp.): A review of processing technologies and current uses. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 8, 1–25.
- Morales, C. T. (1994). *La cochinilla del carmín (Dactylopius coccus Costa) y otras especies de Dactylopiidae de interés económico* . Universidad de Granada.

- Muimba-Kankolongo, A. (2018). Food crop production by smallholder farmers in Southern Africa: Challenges and opportunities for improvement. Academic Press.
- Multigner, L. (2005). Pesticides et santé: état des connaissances. *Environnement, Risques & Santé* , 4 (6), 399–407.
- Mulas, M., & Mulas, G. (2004). Cactus pear for fruit production . FAO.
- Nauen, R., & Denholm, I. (2005). Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: Current status and future prospects. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* , 58 (4), 200–215.
- Ouffroukh, A. (1985). Contribution à l'étude des pucerons des cultures maraîchères en Algérie [Thèse de doctorat]. Institut National Agronomique.
- Park, J. H., Lee, M., & Kim, K. (2019). Antioxidant and anti-aging effects of fermented *Chrysanthemum coronarium* L. extracts. *Journal of Medicinal Food*, 22 (6), 612–620.
- Perestelo Paz, A. (2022). Distribution of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) in the Canary Islands [Mémoire de Master]. Université de La Laguna.
- Peron, J. Y. (2006). Le grand livre des légumes . Éditions Rustica.
- Pisa, L. W., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Bonmatin, J. M., Downs, C. A., Goulson, D., ... & Van der Sluijs, J. P. (2017). Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environmental Science and Pollution Research* , 24 (1), 68–102.
- Powell, W., & Pell, J. K. (2007). Biological control. Dans *Aphids as crop pests* (pp. 469–513). CABI.
- Pukalskas, A., van Beek, T. A., de Waard, P., & van Veldhuizen, A. (2010). Identification of radical scavengers in sweet grass (*Hierochloe odorata*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (2), 1295–1302.
- Qubbaj, T., Reineke, A., & Zebitz, C. P. W. (2004). Molecular interactions between rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea*, and resistant and susceptible cultivars of its primary host *Malus domestica*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 115 (1), 145–152.

- Quezel, P., & Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales . CNRS.
- Raccach, B., & Fereres, A. (2009). Plant virus transmission by insects. Dans Encyclopedia of insects (2<sup>e</sup> éd., pp. 833–836). Academic Press.
- Rabasse, J. M. (1985). Les pucerons des céréales et leurs ennemis naturels . INRA Éditions.
- Remaudiere, G., & Remaudiere, M. (1997). Catalogue des Aphididae du monde (Homoptera, Aphidoidea). INRA Éditions.
- Rongai, D., Cerato, C., & Ghedini, R. (1998). Activity of neem oil on *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) in laboratory and field. Journal of Applied Entomology, 122 (1–5), 97–102.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., & Matsuhira, B. (2013). *Opuntia* spp mucilage's: A functional component with industrial perspectives. Journal of Arid Environments, 57 (3), 275–290.
- San Martin, G. (2004). Les syrphes, auxiliaires des cultures . Éditions Quae.
- Schonfelder, P., & Schonfelder, I. (1989). Guide des fleurs méditerranéennes . Delachaux et Niestlé.
- Seidemann, J. (2005). World spice plants: Economic usage, botany, taxonomy. Springer.
- Siller, P., Stoddard, F. L., & Makela, P. (2010). Faba bean in cropping systems. Grain Legumes Technology Transfer Platform.
- Sillero, J. C., Moreno, M. T., & Rubiales, D. (2010). Legume diseases. Dans Handbook of plant disease management (pp. 1–20). Springer.
- Simon, J. C. (2007). Les pucerons: un modèle pour l'étude de l'évolution . Éditions Quae.
- Singh, S., & Rajam, M. V. (2009). Citrus biotechnology: Achievements, limitations and future directions. Physiology and Molecular Biology of Plants, 15 (1), 3–22.

- Somma, S., Granata, G., & Sidoti, A. (1973). Una grave alterazione del fico d'India in Sicilia. *Informatore Fitopatologico*, 23 (10), 3–7.
- Souza, M. L., Alves, E., & Marques, E. R. (2010). Fungi associated with cladode rot of cactus pear in Brazil. *Journal of Plant Pathology*, 92 (1), 113–119.
- Stone-Palmquist, M. E., & Mauseth, J. D. (2002). The structure of enlarged storage roots in cacti. *International Journal of Plant Sciences*, 163 (1), 89–98.
- Stoddard, F. L., Nicholas, A. H., Rubiales, D., Thomas, J., & Villegas-Fernández, A. M. (2010). Integrated pest management in faba bean. *Field Crops Research*, 115 (3), 308–318.
- Suárez, D. L., & Oromi, P. (2018). *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae), a new invasive pest in the Canary Islands. *Phytoparasitica*, 46 (5), 625–632.
- Swart, W. J., & Kriel, L. M. (2002). Fungi associated with cactus pear in South Africa. *South African Journal of Botany*, 68 (1), 81–88.
- Swart, W. J., & Swart, L. M. (2002). *Alternaria* species associated with disease of cactus pear in South Africa. *South African Journal of Botany*, 68 (1), 75–80.
- Tanaka, T. (1961). *Citrus fruits of Japan*. Yokendo.
- Trimmer, D. M., Brown, G. E., & Barmore, C. R. (2003). *Alternaria* rot of citrus. *Plant Disease*, 67 (5), 500–502.
- Turpeau Ait-Ighil, Y., Hullé, M., & Chaubet, B. (2011). *Les pucerons des plantes maraîchères*. Éditions Quae.
- Turpeau Ait-Ighil, Y., Hullé, M., & Chaubet, B. (2014). *Aphis spiraecola* Patch (Hemiptera: Aphididae): A new pest of citrus in France. *Phytoma*, 674, 44–47.
- Van der Sluijs, J. P., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Bijleveld van Lexmond, M. F. I. J., Bonmatin, J. M., Chagnon, M., ... & Wiemers, M. (2015). Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. *Environmental Science and Pollution Research*, 22 (1), 148–154.

- 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), 415–433.
- Varvaro, L., Balestra, G. M., & Moretti, C. (1993). *Pseudomonas syringae* pv. *Ficus erectae* pv. nov., the causal agent of bacterial canker of fig tree. *Phytopathologia Mediterranea*, 32 (3), 149–154.
- Vishali, T. A., Karthikeyan, M., & Chandrasekaran, R. (2015). Biology of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) on *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. *Journal of Biological Control*, 29 (1), 1–6.
- Völkl, W., Mackauer, M., Pell, J. K., & Brodeur, J. (2007). Predators, parasitoids and pathogens. Dans *Aphids as crop pests* (pp. 187–233). CABI.
- Wallace, R. S., & Gileson, L. A. (2002). Phylogeny of the Opuntioideae (Cactaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 163 (5), 713–722.
- Wan, Y., Li, Y., & Liu, G. (2012). Genetic diversity and structure of *Vicia faba* L. populations based on morphological traits and molecular markers. *Plant Systematics and Evolution*, 298 (10), 1879–1888.
- Wolcott, G. N. (1954). The insects of Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*.
- Yetman, D. (2007). *The great cacti: Ethnobotany and biogeography*. University of Arizona Press.