

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université SAÁD DAHLAB -BLIDA -01-



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de master
Spécialité : Parasitologie

Thème du mémoire :

*Évaluation comparative de l'efficacité de la plante
de neem (Azadirachta indica), de la coccinelle à
sept points (Coccinella septempunctata) et de la
deltaméthrine contre Aphis fabae sur fèves (Vicia
faba) en conditions semi-contrôlées*

Présenté par :
MECERHED Fatma Zohra

Encadré par :
M^{dm} KARA F.Z.

Devant le jury

Présidente du jury : Monsieur BENDJOUDI D.

Professeur USDB1

Examineur : Madame ABBASSEN R.

Maître de conférences USDB1

Encadrante : Madame KARA F.Z.

Professeure USDB1

Année universitaire 2024/2025

Remerciement

Merci au bon Dieu

Qui nous a permis de faire ce travail,

Mes plus sincères remerciements s'adressent aux membres du jury, Monsieur BENDJOUDI D. (Professeur, USDB1) et Madame ABASSEN R. (Maître de conférences, USDB1), pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'évaluer ce travail. Leur présence et leurs remarques constructives témoignent de l'intérêt porté à cette recherche et contribuent à enrichir ma réflexion scientifique.

Je tiens à exprimer mes remerciements les plus vifs à ma promotrice, Madame KARA F.Z., Professeure à l'Université Saad Dahlab de Blida 1, pour sa précieuse orientation, sa disponibilité et la bienveillance avec laquelle elle m'a accompagnée tout au long de ce travail. Son encadrement rigoureux et ses conseils avisés ont grandement contribué à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A ceux que j'aime le plus au monde

A ma mère, à ma mère, à ma mère et mon père

Je remercie mes deux frères pour leur amour, présence et leurs
encouragements.

Je remercie également mon fiancé pour son amour, son soutien indéfectible,
sa bienveillance au quotidien et son aide précieuse dans l'obtention des
coccinelles indispensables à la réalisation de mes expériences.

Enfin, je me remercie également pour avoir su rester motivée, garder une
attitude positive et faire preuve de constance tout au long de ce travail.

Résumé

Ce travail porte sur l'évaluation comparative de différentes méthodes de lutte contre *Aphis fabae*, un ravageur majeur de la fève (*Vicia faba*). Quatre applications ont été testées en conditions contrôlées : l'extrait éthanolique de poudre de graines de neem, le purin de neem, l'insecticide chimique Deltaméthrine, et des larves de *Coccinella septempunctata*.

Les trois traitements phytosanitaires testés ont entraîné une mortalité totale (100 %) des pucerons dès les plus faibles doses. La Deltaméthrine a agi immédiatement, tandis que les extraits de neem ont montré une forte efficacité en moins d'une heure, sans effet nocif apparent sur les plantes.

Par ailleurs, les larves de *Coccinella septempunctata* ont consommé jusqu'à 14 pucerons en une heure, démontrant une prédation active, particulièrement ciblée sur les larves.

Ces résultats confirment l'efficacité des alternatives naturelles et biologiques face aux insecticides chimiques, ouvrant la voie à des stratégies de lutte plus durables et respectueuses de l'environnement.

Mots clés : *Aphis fabae*, *Vicia faba*, *Coccinella septempunctata*, Neem, Deltaméthrine

Abstract

This study evaluates different methods to control *Aphis fabae*, which is a major pest of faba bean (*Vicia faba*). Four applications were tested under controlled laboratory conditions: ethanolic extract of neem (*Azadirachta indica*) seed powder, fermented neem extract, the chemical pesticide Deltamethrin, and larvae of the seven-spotted ladybird (*Coccinella septempunctata*).

The three plant-based treatments resulted in total (100%) mortality of aphids even at the lowest concentrations. Deltamethrin acted immediately, while neem extracts showed strong effectiveness within less than an hour without any visible harmful effects on the plants.

Additionally, the larvae of *Coccinella septempunctata* consumed up to 14 aphids in one hour, demonstrating active predation particularly targeted at aphid larvae.

These results confirm the effectiveness of natural and biological alternatives compared to chemical pesticides, paving the way for more sustainable and environmentally friendly pest management strategies.

Keywords: *Aphis fabae*, *Vicia faba*, *Coccinella septempunctata*, Neem, Deltamethrin

المخلص

يتناول هذا البحث تقييم طرق مختلفة لمكافحة حشرة المن، وهي من الآفات الرئيسية التي تصيب الفول. تم اختبار أربعة علاجات في ظروف مخبرية مضبوطة: مستخلص إيثانولي من مسحوق بذور النيم، مستخلص مخمر من النيم، مبيد كيميائي من نوع ديلتامثرين، ويرقات الدعسوقة ذات السبع نقاط.

أدت العلاجات النباتية الثلاثة إلى موت كامل للمن بنسبة 100% حتى عند أقل التركيزات. أظهر المبيد الكيميائي فعاليته فوراً، بينما أظهرت مستخلصات النيم فعالية قوية خلال أقل من ساعة دون أي آثار ضارة ظاهرة على النبات.

كما استهلكت يرقات الدعسوقة حتى 14 من حشرات المن في ساعة واحدة، مما يوضح نشاطها الافتراضي الموجه نحو يرقات المن بشكل خاص.

تؤكد هذه النتائج فعالية البدائل الطبيعية والبيولوجية مقارنة بالمبيدات الكيميائية، مما يفتح المجال لاستراتيجيات مكافحة أكثر استدامة وصديقة للبيئة.

الكلمات المفتاحية = المن الأسود، الدعسوقة ذات السبع نقاط، النيم، دلتاميثرين.

Liste des figures

Figure 1 : Plante de fève (<i>Vicia faba</i>)	5
Figure 2 : Schéma légendé de la morphologie de la plante de fève	6
Figure 3 : Feuille de fève attaquée par le mildiou	8
Figure 4 : Feuille de fève attaquée par la rouille	8
Figure 5 : Puceron noir	9
Figure 6 : Morphologie externe d'un adulte aptère d'un puceron noir	10
Figure 7 : Cycle biologique de puceron noir	11
Figure 8 : Colonie de pucerons sur une plante de fève	12
Figure 9 : Coccinelle à 7 points (<i>Coccinella septempunctata</i>)	13
Figure 10 : Adulte de coccinelle à 7 points	14
Figure 11 : Œufs de coccinelle	15
Figure 12 : Larve de coccinelle à 7 points	15
Figure 13 : Nymphes de coccinelle à 7 points	16
Figure 14 : Cycle biologique de <i>Coccinella septempunctata</i>	16
Figure 15 : <i>Azadirachta indica</i>	17
Figure 16 : Arbre, fleurs, fruits, feuilles et tronc de neem	20
Figure 17 : Fruit de neem	21
Figure 18 : Azadirachtine	22
Figure 19 : Étuve de stérilisation (Original , 2025)	26
Figure 20 : Graines de fève (<i>Vicia faba</i>) après germination (Original ,2025)	26
Figure 21 : Mise en pot des semis de fève (Original 2025)	27
Figure 22 : Plant de fève au stade 4 à 6 feuilles (Original, 2025)	27

Figure 23 : Graines de neem (Original ,2025)	28
Figure 24 : Lavage des graines de neem (Original ,2025)	28
Figure 25 : Pesée des graines de neem (Original, 2025)	28
Figure 26 : Étape de filtration du purin (Original ,2025)	29
Figure 27 : Purin de neem stocké dans une bouteille en verre stérile (Original ,2025).....	29
Figure 28 : Bouteilles contenant les trois doses expérimentales de purin de neem (Original 2025).....	30
Figure 29 : Etape de retrait de l’enveloppe externe des graines de neem (Original ,2025).	31
Figure 30 : Quantification des graines de neem avant transformation (Original, 2025).....	31
Figure 31 : Broyage des graines sèches de neem (Original, 2025)	31
Figure 32 : Poudre fine de graines de neem obtenue après broyage (Original, 2025)	31
Figure 33 : Préparation de la solution (Original ,2025)	32
Figure 34 : Extrait éthanolique de graines de neem obtenu après filtration (Original, 2025).....	32
Figure 35 : Différents caractères d’identification d’un puceron	33
Figure 36 : Pucerons collectés sur fèves (Original, 2025)	34
Figure 37 : Déplacement manuel des pucerons vers une boîte de Pétri (Original, 2025) ...	34
Figure 38 : Observation des pucerons sous loupe binoculaire (Original, 2025)	34
Figure 39 : Images des pucerons sous loupe binoculaire (Original, 2025)	35
Figure 40 : Infestation de fèves par <i>Aphis fabae</i> (Original ,2025)	35
Figure 41 : Conditionnement des coccinelles importées à leur arrivée au laboratoire (Original ,2025)	36
Figure 42 : Larve de coccinelle en prédation sur puceron noir (Original ,2025)	37
Figure 43 : Cage en moustiquaire avec plantes de fève, de puceron noir et les larves de coccinelles. (Originel, 2025).....	37

Figure 44 : Disposition expérimentale des différentes boîtes de Pétri selon les concentrations de purin (Original ,2025)	39
Figure 45 : Application des doses de traitement sur boîtes de Pétri. (Original ,2025).....	40
Figure 46 : Principaux critères morphologique utilisés pour l'identification <i>d'Aphis fabae</i> sous binoculaire (originale, 2025)	46
Figure 47 : Nombre de pucerons consommés par une larve de coccinelle.....	54

Liste des tableaux

Tableau 1 : Doses et concentrations appliquées pour la macération de poudre de neem...	47
Tableau 2 : Effet de différentes doses d'extrait éthanolique de poudre de neem sur la mortalité d' <i>Aphis fabae</i> en conditions contrôlées.....	48
Tableau 3 : Doses et concentrations retenues pour le purin de neem.....	49
Tableau 4 : Effet de différentes doses de purin de neem sur la mortalité d' <i>Aphis fabae</i> en conditions contrôlées.....	49
Tableau 5 : Doses et concentrations appliquées pour la deltaméthrine.....	50
Tableau 6 : Effet de différentes doses de deltaméthrine sur la mortalité d' <i>Aphis fabae</i> en conditions contrôlées.....	51
Tableau 7 : Nombre de pucerons consommés par une larve de <i>Coccinella septempunctata</i> (3 ^e stade)	53
Tableau 8 : Taux de consommation des pucerons par habitat (coccinelle).....	55

Sommaire

<i>Remerciement</i>	I
<i>Dédicace</i>	II
Résumé	III
المخلص	IV
Liste des figures	V
Liste des tableaux	VIII
Sommaire	IX
Introduction	14
Chapitre I : Recherche bibliographique	4
I.1. Principales caractéristiques biologiques de <i>Vicia fabae</i>	5
I.1.1. Introduction :	5
I.1.2. Taxonomie et caractéristiques botaniques	5
I.1.2.1. Taxonomie :	5
I.1.2.1.1. Caractéristiques botaniques	5
I.1.2.1.2. Apparence générale :	5
I.1.2.1.3. Tige :	6
I.1.2.1.4. Feuilles :	6
I.1.2.1.5. Fleurs :	6
I.1.2.1.6. Fruits :	6
I.1.3. L'importance économique de la fève :	6
I.1.3.1. Dans le monde :	6
I.1.3.2. En Algérie :	7
I.1.4. Les principaux bioagresseurs de la fève :	7
I.1.4.1. Les plantes parasites :	7
I.1.4.2. Les maladies fongiques :	8
I.1.4.2.1. Mildiou	8
I.1.4.2.2. Rouille	8
I.1.4.3. Les insectes :	8
I.2. Principales caractéristiques biologiques d' <i>Aphis fabae</i> :	9

I.2.1. Généralité :	9
I.2.2. Position systématique :	9
I.2.3. Morphologie générale :	9
I.2.4. Cycle biologique :	11
I.2.5. Les principaux dégâts causés par le puceron de la fève :	12
I.2.6. Méthodes de lutttes :	12
I.3. La coccinelle :	13
I.3.1. Position systématique :	13
I.3.2. Répartition géographique :	14
I.3.3. Caractères morphologiques des différents stades de développement :	14
I.3.3.1. Adulte :	14
I.3.3.2. Œufs :	15
I.3.3.3. Larve :	15
I.3.3.4. Stade nymphale :	16
I.3.3.5. Cycle biologique :	16
I.4. Analyse des propriétés biologiques et biochimiques d' <i>Azadirachta indica</i> (Jussieu ; 1830) :	17
I.4.1. Le neem et ses Caractéristiques biologiques :	17
I.4.1.1. Classification et nomenclature :	17
I.4.1.2. Etymologie :	18
I.4.1.3. Origine et répartition géographique de neem :	18
I.4.1.4. Description de l'arbre :	18
I.4.1.4.1. La tige :	19
I.4.1.4.2. Les feuilles :	19
I.4.1.4.3. Les racines :	20
I.4.1.4.4. Le fruit :	21
I.4.1.5. Caractérisation biochimique :	22
I.4.1.6. L'azadirachtine : principe actif du neem :	22
I.4.1.6.1. Caractérisation de l'azadirachtine :	22
I.4.1.6.2. Dosage de l'azadirachtine dans le neem :	22
I.4.1.6.3. Activité insecticide de l'azadirachtine :	23

Chapitre II : Matériel et méthodes.....	24
II.1. Objectif :	25
II.2. Matériel utilise sur terrain :.....	25
II.2.1. Matériel non biologique : (voir annexe).	25
II.2.2. Matériel biologique :.....	25
II.3. Matériel utilise au laboratoire :.....	25
II.3.1. Matériel non biologique : (voir annexe 2) :	25
II.3.2. Matériel biologique : Matériel biologique :.....	25
II.4. Méthodes utilisées :	26
II.4.1. Méthodes utilisées sur terrain.....	26
II.4.1.1. Semis et mise en culture des graines de <i>vicia fabae</i> en pots :	26
II.4.2. Méthodes utilisées au laboratoire :	27
II.4.2.1. Préparation de purin de neem :.....	27
II.4.2.2. Evaluation des concentrations de traitement au purin de neem :	29
II.4.2.3. Préparation de l'extrait éthanolique de graine de neem :	30
II.4.2.5. Détermination taxonomique <i>Aphis fabae</i> :	33
II.4.2.6. Infestation contrôlée des fèves en pot par <i>Aphis fabae</i> :	35
II.4.2.7. Evaluation du pouvoir prédatif des coccinelles sur <i>Aphis fabae</i> :.....	36
II.4.2.8. Evaluation de la consommation des pucerons sur plante de fève par les coccinelles :	37
II.4.2.9. Méthodes de traitement au purin de neem en conditions contrôlées :	38
II.4.2.10. Disposition expérimentale pour l'évaluation du purin de neem :	39
II.4.2.11. Dispositif expérimental des populations de puceron traitées à la solution de deltaméthrine :.....	40

II.4.2.11. Evaluation des taux de mortalité de puceron avant et après traitements pour les deux biocides et l'insecticide chimique utilise :	41
k1. Calcule du taux de mortalité corrigé de <i>A.fabae</i>	42
K2. Calcule de la dose létale qui tue 50%de la population (DL50).....	42
II.5. Evaluation du taux de consommation de puceron par les populations de <i>coccinella septempunctata</i> testee au laboratoire :	43
II.5.1. Calcule du taux de consommation :	43
II.5.2. Estimation du taux de consommation de puceron par habitat.....	43
Chapitre III : Résultats et discussion.....	44
III.1 Identification morphologique d' <i>Aphis fabae</i> :	45
III.1.1. La couleur :	45
III.1.2. Cornicules(siphons	45
III.1.3. Cauda (queue abdominale).....	45
III.2. Etude de l'efficacité des solutions de neem sur <i>Aphis fabae</i> :	47
III.2.1 Extrait éthanolique.....	47
III.2.1.1 Évaluation de différentes doses.....	47
III.2.1.2 Évaluation du taux de mortalité d' <i>Aphis fabae</i> en conditions	expérimentales :
III.2.1.3. Interprétation des résultats :.....	48
III.2.2. Purin de graines de neem :	49
III.2.2.1. Evaluation de différentes concentrations :	49
III.2.2.2. Quantification de la mortalités d' <i>Aphis fabae</i> en conditions expérimentales :	49
III.2.2.3. Interprétation des résultats :.....	50
III.2.3 Insecticide chimique deltaméthrine :	50
III.2.3.1. Evaluation des doses :	50

III.2.3.2- Evaluation de la mortalité d'<i>Aphis fabae</i> en conditions expérimentales	51
III.2.3.3. Calcule de taux de mortalité corrigée :	53
III.2.3.4. Interprétation des résultats :.....	53
III.3. Evaluation de taux d'accroissement par habitat des coccinelles :	53
III.3.1. Evaluation de taux de consommation de puceron par les coccinelles :	54
III.3.2. Interprétation des résultats :.....	55
III.3.3. Estimation du taux de consommation de puceron par habitat (coccinelle) :	56
III.3.3.1. Interprétation des résultats :.....	56
III.3.4. Taux de consommation des pucerons sur plant de fève :	56
III.3.4.1. Interprétation des résultats :.....	57
III.4. Comparaison de l'efficacité des différents traitements testes sur	57
Discussion.....	59
Conclusion.....	61
Conclusion.....	62
Références.....	63
Liste des références	64
Site web:	69
Annexes	70
Annexes	71



Introduction



INTRODUCTION :

La fève, *Vicia fabae*, est une plante de la famille des Fabaceae, cultivée depuis l'Antiquité (Tanno et Willcox, 2006) pour ses graines riches en protéines, sa capacité à améliorer la fertilité des sols grâce à la fixation de l'azote atmosphérique (nouar, 2007), et sa polyvalence dans les systèmes agricoles. En Algérie, elle représente une culture importante, notamment dans les zones rurales, où elle contribue à la sécurité alimentaire et à l'agriculture familiale. Toutefois, sa culture reste vulnérable à plusieurs stress biotiques, en particulier les attaques d'insectes ravageurs (FAO, 2021).

Parmi ces ravageurs, le puceron noir de la fève, *Aphis fabae*, est l'un des plus redoutés. Ce puceron se nourrit de la sève des plantes en perforant les tissus foliaires et les jeunes tiges, provoquant un affaiblissement de la plante, des déformations, un retard de croissance, voire la mort des jeunes pousses. De plus, *A. fabae* est vecteur de virus phytopathogènes et son miellat favorise la prolifération de fumagine, altérant la photosynthèse. (Rakhshani, Hosseini, & Sahragard, 2009).

Face à cette menace, les agriculteurs recourent massivement aux insecticides chimiques pour protéger leurs cultures. La deltaméthrine, un pyréthrianoïde de synthèse, est l'un des produits les plus utilisés pour lutter contre les pucerons. Bien qu'elle présente une efficacité immédiate, son usage répété entraîne plusieurs effets indésirables : apparition de résistances chez les insectes cibles, élimination des insectes auxiliaires, contamination des sols et des nappes phréatiques, ainsi que des risques pour la santé humaine (Aktar, Sengupta, & Chowdhury, 2009). Ces limites incitent aujourd'hui à rechercher des alternatives plus sûres, écologiquement viables et économiquement accessibles, notamment dans les systèmes agricoles intégrés ou biologiques (Cullen, Warner, Jonsson, & Wratten, 2008).

Une alternative complémentaire est la lutte biologique, qui consiste à utiliser des ennemis naturels pour réduire les populations de ravageurs. Parmi les prédateurs les plus efficaces des pucerons, la coccinelle à sept points, *Coccinella septempunctata* L., est largement reconnue. Elle se nourrit presque exclusivement de pucerons à tous les stades de son développement, bien que la larve soit particulièrement vorace. Une seule larve peut consommer plusieurs dizaines de pucerons par jour. L'introduction ou la conservation de ces auxiliaires dans les cultures peut contribuer à un équilibre biologique durable, réduisant le besoin en traitements chimiques.

Une autre alternative aux insecticides chimiques, les extraits végétaux représentent une piste prometteuse dans le cadre de la lutte intégrée. *Azadirachta indica*, plus connu sous le nom de neem, est une plante largement étudiée pour ses propriétés insecticides naturelles, en particulier contre les insectes suceurs comme les pucerons. Ses graines contiennent des composés bioactifs, notamment l'azadirachtine, qui interfèrent avec la croissance, l'alimentation et la reproduction des insectes cibles. (Isman, 2006).

Introduction générale

Dans ce travail, deux types d'extraits ont été préparés à partir de la poudre de graines de neem : une macération à froid et un extrait fermenté communément désigné sous le nom de purin. Ces préparations ont été réalisées en conditions contrôlées au laboratoire afin d'évaluer scientifiquement leur efficacité biologique sur *Aphis fabae*. L'approche expérimentale adoptée a permis de standardiser les conditions d'extraction et d'application, dans le but d'obtenir des résultats comparables à ceux d'un traitement insecticide de référence.

Dans le contexte actuel de transition vers une agriculture durable, l'évaluation comparative entre un insecticide chimique, deux extraits de neem, et un prédateur biologique représente un enjeu important. Il est essentiel de déterminer si les alternatives naturelles et biologiques peuvent rivaliser, en termes d'efficacité, avec un produit de référence comme la Deltaméthrine. De plus, ce travail permet d'expérimenter des solutions localement accessibles et de sensibiliser les futurs agronomes, chercheurs et agriculteurs à l'importance de la biodiversité fonctionnelle et de la réduction de l'impact écologique des pratiques agricoles.

Ce mémoire a pour objectif d'évaluer l'efficacité comparative de trois méthodes de lutte contre le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*) : un traitement chimique à base de Deltaméthrine, deux extraits naturels préparés à partir de la plante de neem (*Azadirachta indica*) un purin et une macération, et un agent de lutte biologique, la coccinelle à sept points (*Coccinella septempunctata*). L'expérimentation a été réalisée en conditions semi-contrôlées au laboratoire, en suivant un protocole précis visant à mesurer l'effet de chaque traitement sur les populations de pucerons

...



Chapitre I :

Recherche bibliographique



I.1. Principales caractéristiques biologiques de *Vicia fabae*

I.1.1. Introduction :

La fève est une plante herbacée annuelle, d'environ 1 m de haut. La fève Est l'une des légumineuses la plus ancienne cultivées dans le monde (Tanno ET Willcox, 2006) Originnaire d'Asie centrale, elle était cultivée il y a près de 10 000 ans et s'est ensuite répandue dans tout l'hémisphère nord (Cubero, 1974). (Figure 1).

I.1.2. Taxonomie et caractéristiques botaniques

I .1.2.1. Taxonomie :

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Fabales

Famille : Fabaceae

Sous famille : Faboideae

Tribu : Vicieae

Genre : *Vicia*

Espèce : *Vicia fabae* L(1969).



Figure 1 : Plante de fève (*vicia fabae*)
<https://www.tomlejardinier.com>

I.1.2.1.1. Caractéristiques botaniques :

I.1.1.1.2. Apparence générale :

- Racines : Le système racinaire de la fève est de type pivotant, puissant et bien développé, pouvant atteindre jusqu'à un mètre de profondeur. Il présente une ramification secondaire dense, et les nodosités, indicatrices de la symbiose avec les bactéries fixatrices d'azote, sont

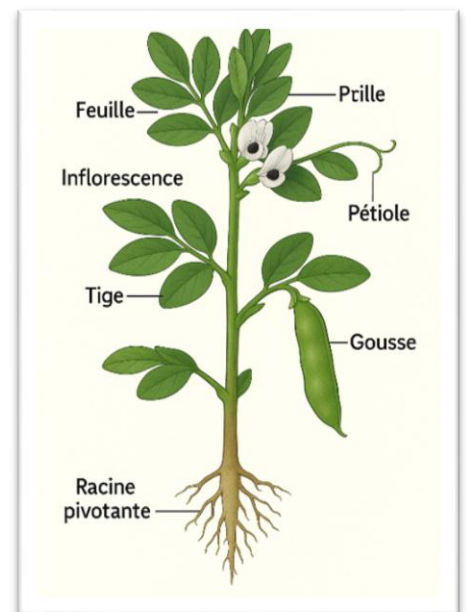


Figure 2 : schéma légendé de la Morphologie de la plante de fève.
(Lafond , 2000)

particulièrement abondantes dans les premiers centimètres du sol. (Duc, 1997) (Figure 2).

I.1.1.1.3. Tige :

La tige de *Vicia fabae* est généralement étalée ou grimpante, striée ou anguleuse (Steele et Wojciechowski , 2003). Selon une caractérisation phéno-morphologique réalisée en Tunisie, la hauteur finale de la plante varie selon les lignées, reflétant une diversité génétique.

I.1.1.1.4. Feuilles :

- Feuilles composées, avec 2 à 6 folioles lancéolées. Les folioles sont vert foncé et opposées, et il peut y avoir de petites stipules à la base des feuilles. (Chaux Foury., 1994)

I.1.1.1.5. Fleurs :

Fleurs régulières, de couleur blanche à rose pâle, parfois violacées, regroupées en grappes axillaires. Chaque fleur présente une structure typique des légumineuses, avec un étendard, deux ailes et une carène, avec des taches noires ou brunes sur chaque aile. (Duc., 1997)

I.1.1.1.6. Fruits :

- Le fruit est une gousse cylindrique, souvent d'une couleur verte qui vire au brun en mûrissant, mesurant entre 10 à 20 cm de long. Chaque gousse contient plusieurs graines (généralement de 4 à 9), qui sont les fèves.

I.1.3. L'importance économique de la fève :

I.1.3.1. Dans le monde :

La production mondiale de la fève sèche en graines en 2012 a atteint 4,2 millions de tonnes/an. Sur 2,5 millions d'hectares. Le principal pays producteur est la

chine (1,4 million de tonnes/an sur 953 000 hectares), L'Afrique a produit en 2012 environ 1,5 million de tonnes de fève sèches (FAO, 2012)

I.1.3.2. En Algérie :

La superficie moyenne réservée pour la culture de la fève en Algérie est de 31747 ha, La production de la fève en Algérie est de 27 tonnes (Faostat, 2014). Ces fluctuations de rendement peuvent s'expliquer par une gestion inadéquate des cultures et des conditions climatiques défavorables (FAO, 2012).

I.1.4. Les principaux bioagresseurs de la fève :

Les cultures de la fève sont attaquées par plusieurs ravageurs représentés par des plantes parasites, des insectes des nématodes et des champignons parmi ces espèces nous citons :

I.1.4.1. Les plantes parasites :

« Orobanche » c'est une mauvaise herbe, holoparasite sans chlorophylle qui dépend entièrement de son hôte, pour réaliser son cycle biologique (Kharrat, 2002). Elle occasionne des pertes considérables, pouvant entraîner la destruction de la fève (Kharrat et al., 2002 ; Abbes et al., 2010)

I.1.4.2. Les maladies fongiques :

Parmi les principaux agents fongiques pouvant provoquer des dégâts :

I.1.4.2.1. Mildiou : causé par *Peronospora fabae* et *Peronospora viciae*, provoque un nanisme ainsi que des déformations au niveau de la tige et des feuilles (Chaux & Foury, 1994). Lors d'attaques tardives, un feutrage grisâtre apparaît sur la face inférieure des folioles (Stoddard et al., 2010)(Figure 3).

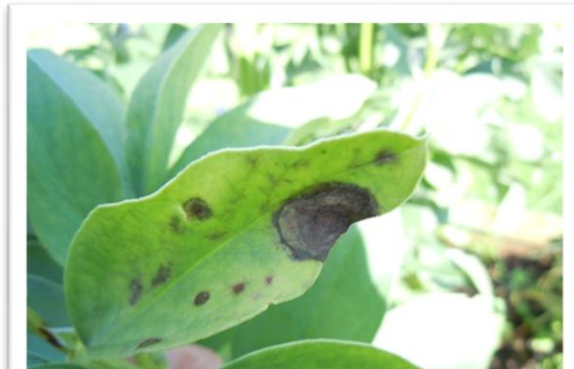


Figure3 : feuille de fève attaquée par le mildiou.
<https://tomodori.com>

I.1.4.2.2. Rouille :

Causée par *Uromyces viciae-fabae*, peut affecter jusqu'à 70 % des cultures. D'après Messiaen *et al.* (1991), cette maladie entraîne un affaiblissement général des plantes, une réduction du nombre de gousses ainsi qu'un mauvais remplissage. Dans les cas les plus sévères, elle peut provoquer un dessèchement prématuré.



Figure 4 : feuille de fève attaquée par la rouille.
<https://www.agrifind.fr>

I.1.4.3. Les insectes :

Ils peuvent occasionner des dégâts considérables, le plus répandu est le puceron noir d'*Aphis fabae*. L'un des ravageurs les plus importants de plusieurs cultures à travers le monde provoque l'enroulement, le dessèchement et la chute des feuilles (Volkl et Stechmann, 1998) (Hamadache, 2003) Peut transmettre plus de 30 virus pathogènes (Blackman et Eastop, 2007) (Figure4).

I.2. Principales caractéristiques biologiques d' *Aphis fabae* :

I.2.1. Généralité :

Les pucerons forment un groupement d'insectes très répandu dans le monde. Ils sont apparus il y a environ 280 millions d'années (Hulle et al., 1999). Le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*) est un insecte piqueur suceur, S'il n'est pas traité rapidement il cause de graves chutes de rendement, à cause de dessèchement qu'il provoque en suçant la sève (Remaudière & Seco Fernandez, 1990)

(Figure 5).

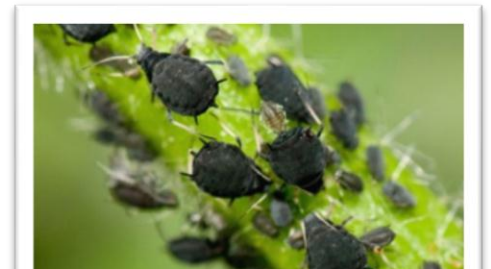


Figure 5 : Puceron noir
[//www.greenreflex.fr](http://www.greenreflex.fr)

I.2.2. Position systématique :

L'espèce *A. fabae* ou le puceron noir, selon Sary (1970), il appartient au :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Super-classe : Hemipteroïdae

Ordre : Hemiptera

Famille : Aphididae

Genre : Aphis

Espèce : *Aphis fabae* (Scropolie 1763)

I.2.3. Morphologie générale :

Les pucerons présentent un tégument mou, petit, avec le corps ovale et un peu aplati (Fraval, 2006). La taille des pucerons adultes varie généralement entre 0,5 et 8 mm, avec une fréquence plus élevée entre 2 et 4 mm (Tanya., 2002). Leur corps peut être translucide et présenter différentes couleurs : vert, noir, brun, rose ou jaune.

Certains, appelés pucerons lanigères, sont recouverts d'une cire blanche qui leur donne un aspect duveteux. (Figure 6).

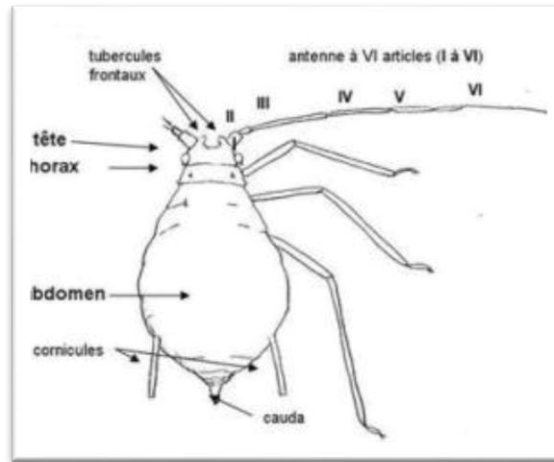


Figure 6 : Morphologie externe d'un adulte aptère d'un puceron noir . <https://encyclopedie-pucerons.hub.inrae.fr>

Chez les formes ailées, la tête est nettement distincte du thorax, contrairement aux formes aptères où cette séparation est moins marquée. Elle porte deux antennes, composées de 3 à 6 articles dont la longueur peut varier selon les espèces. Ces antennes sont implantées soit directement sur le front, soit sur des tubercules frontaux plus ou moins saillants. Certains articles antennaires présentent des organes sensoriels appelés Sensille, servant à la perception de l'environnement. La partie distale amincie de l'antenne, située à l'arrière de l'œil composé (Tanya, 2002 ; Fraval, 2006) .

Le thorax comprend 3 segments, le prothorax, le mésothorax, et le métathorax, et porte 3 paires de pattes et deux paires d'ailes (Turpeau-Ait Ighil et al., 2011). La partie postérieure de l'abdomen porte généralement une paire de cornicules (ou siphons), dont la forme et la longueur varient considérablement selon les espèces. Ces structures peuvent présenter une réticulation ou être surmontées d'une collerette. Toutefois, les cornicules sont absentes chez certains genres, et leur présence peut même varier au sein d'une même espèce selon les formes.

Le dernier segment abdominal (le 10^e) est modifié pour former une queue, appelée cauda, dont la taille et la forme sont également variables d'une espèce à l'autre (Fredon, 2008).

I.2.4. Cycle biologique :

Aphis fabae est une espèce dioïque (Le bohec *et al.*, 1981 ; Hulle *et al.*, 1999), dont le cycle biologique alterne entre un hôte primaire, le plus souvent le Fusain, et des hôtes secondaires constitués de plantes herbacées appartenant à de nombreuses familles botaniques

Dès le mois de mars, après l'éclosion des œufs hivernants sur l'hôte primaire, plusieurs générations parthénogénétiques se succèdent. Au fil du temps, la proportion d'individus ailés augmente dans les colonies, et les premiers ailés apparaissent généralement en avril. Ces derniers migrent alors vers les hôtes secondaires, où ils forment des colonies parfois très denses, sous forme de manchons sur les parties tendres des plantes, qu'elles soient sauvages ou cultivées.

À l'automne, des formes ailées impliquées dans la reproduction sexuée sont produites. Elles retournent vers l'hôte primaire, où se déroulent la fécondation et la ponte des œufs au cours du mois d'octobre.

Cependant, la reproduction sexuée n'est pas systématique : dans les régions à climat doux, certaines populations peuvent subsister durant tout l'hiver sur des hôtes secondaires, en continuant leur multiplication par parthénogenèse (Hullé *et al.*, 1999) (Figure 7).

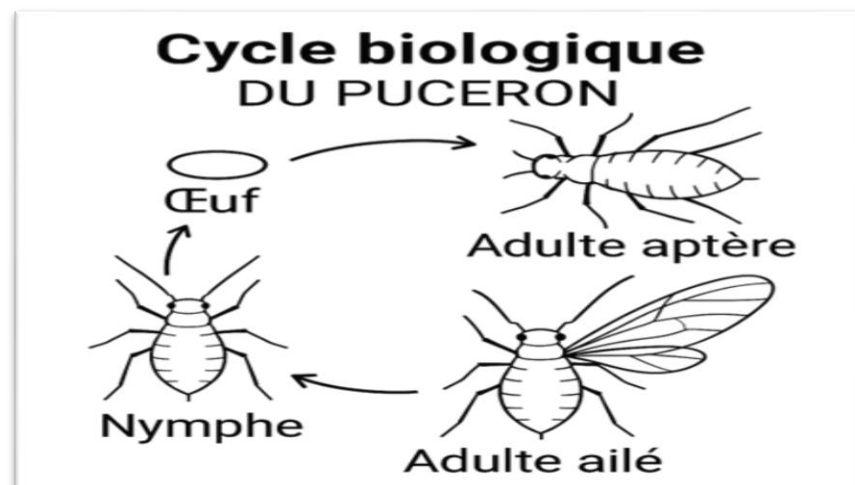


Figure 7 : Cycle biologique d'un puceron noir
<https://ephytia.inra.fr>

I.2.5. Les principaux dégâts causés par le puceron de la fève :

Selon Harmel et al. (2008), les pucerons se nourrissent en prélevant et en absorbant la sève des plantes. Leurs piqûres alimentaires, en plus d'être irritantes, ont un effet toxique pour la plante, provoquant parfois la formation de galles — des excroissances anormales qui entraînent la déformation des feuilles ou des fruits, affectant ainsi le rendement des cultures (Christelle, 2007).

Chez la fève, le puceron noir (*Aphis fabae*) forme des colonies denses, noir mat, souvent regroupées en manchons autour des extrémités des tiges. En cas d'infestation sévère, il peut même provoquer l'éclatement des gousses (Chaux et Foury, 1994).

Par ailleurs, d'après Hulle et al. (1999), ce puceron altère le développement de la plante hôte en provoquant l'avortement des fleurs, en partie à cause de sa salive phytotoxique. En plus de ces dégâts directs, *A. fabae* sécrète du miellat, un substrat favorable au développement de la fumagine, et agit comme vecteur de nombreux virus pathogènes, transmis selon des modes persistants ou non persistants (Figure 8).

I.2.6. Méthodes de lutttes :

La lutte contre puceron a été et reste le souci majeur des agriculteurs. Pour cela différentes méthodes de lutte ont été préconisées dont :

La lutte préventive, repose sur des pratiques culturales comme l'enfouissement hivernal des plantes porteuses d'œufs et la destruction des plantes sauvages hôtes potentiels, par sarclage ou hersage, en début de printemps (Wang et al., 2000 ; Lambert, 2005).

La lutte chimique Pour réduire les dégâts d'insectes, l'utilisation des pesticides reste le moyen le plus largement utilisé et le plus efficace aujourd'hui (Ferrero, 2009).



Figure 8 : colonie de puceron sur une fève. <https://www.maag-garden.ch/fr>

La lutte physique repose sur l'élévation contrôlée de la température afin de perturber les pucerons sans nuire à la plante. Elle consiste à fermer les ouvrants de la serre pendant environ 3 heures, créant un choc thermique. La température peut alors

atteindre jusqu'à 45 °C, ce qui permet d'éliminer près de 90 % des jeunes stades de pucerons, tout en restant sans danger pour la culture (Rabasse, 1979 ; Jourdeuil, 1979).

Biologique est l'utilisation des organismes vivants comme les coccinelles. D'après l'organisation internationale de la lutte biologique contre les animaux et les plantes nuisibles l'O.I.L.B (1971).

I.3. La coccinelle :

I.3.1. Position systématique :

D'après Lucas (1993), la classification de la coccinelle a sept points est faite comme suit :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embr. : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-classe : Pterygota

Infra-classe : Neoptera

Super-ordre : Endopterygota

Ordre : Coleoptera

Super-famille : Cucujoidea

Famille : Coccinellidae

Sous-famille : Coccinellinae

Genre : Coccinella

Espèce : *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758) (Figure 9).

**Figure 9 : Coccinelle a 7point
(*Coccinella septempunctata*)
<https://www.pinterest.com>**



I.3.2. Répartition géographique :

La répartition géographique des coccinelles dépend en grande partie de la disponibilité de la nourriture (Mareida et al. 1992 In Lucas 1993). Elle fait partie de la liste des espèces animales non-domestiques protégées en Algérie (Anonyme, 1995), et une grande densité d'individus correspond généralement à une explosion démographique de l'une des proies de l'insectes. Dans les agroécosystèmes, elle se retrouve à la fois dans les cultures (blé, maïs, luzerne, haricots, pomme de terre, betterave, sorgho ...) dans les friches, les pâtures ou les vergers (Iablokoff-Khanzorian, 1982).

I.3.3. Caractères morphologiques des différents stades de développement :

Les coccinelles sont des coléoptères holométaboles, c'est-à-dire qu'elles présentent une métamorphose complète au cours de leur développement, lequel comprend les stades suivants : œuf, larve (avec quatre stades larvaires), nymphe, puis adulte qui a un corps composé de trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen (Saharaoui, 1998).

I.3.3.1. Adulte :

Les coccinelles adultes sont de petite à moyenne taille, mesurant généralement entre 5 et 8 mm de long. Leur corps est court, très convexe, luisant et de forme globalement arrondie, parfois presque hémisphérique ou ovale (Ipert et Brun 1968). La plupart des espèces arborent des élytres colorés, souvent vifs, ornés de motifs variables selon l'espèce. Ce « costume » coloré est dit cryptique. La face ventrale est plate, et les pattes, courtes et extensibles, permettent une bonne mobilité (McGavain, 2000 ; Le Guellec, 2008 in Azzi et Brahimi, 2020). Le corps de la coccinelle est clairement divisé en trois parties distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen (Figure 10).



Figure 10 : Adulte de coccinelle à 7 points.
<https://inpn.mnhn.fr>

I.3.3.2. Œufs :

La ponte intervient généralement entre 7 et 15 jours après l'accouplement. Les œufs, de couleur jaune paille, mesurent environ 1,3 mm de long et éclosent après une incubation d'environ 5 jours. Ils sont déposés en groupe, verticalement, sur la face inférieure des feuilles, à proximité ou directement au sein des colonies de pucerons. Espèce particulièrement prolifique, la coccinelle peut pondre en moyenne 50 œufs par jour, soit entre 500 et 1000 œufs au cours de la vie d'une femelle, à une température de 20 °C (Clausen, 1940 in Iperti et brun, 1961)(Figure 11).



Figure 11 : Oeufs de coccinelle .
<https://www.trigobert.net>

I.3.3.3. Larve :

Le développement larvaire comprend quatre stades successifs (L1 à L4) et s'étend sur une durée d'environ 18 jours (Iperti et brun, 1982). Les larves de coccinelle présentent un corps allongé, mou, orné de couleurs variées, de taches colorées ainsi que de petites excroissances épineuses sur la face dorsale (Mcgavin, 2000). Leur tête porte une mâchoire inférieure horizontale munie de fortes mandibules, adaptées à la prédation. Le thorax est doté de trois paires de pattes longues, facilitant leurs déplacements. L'abdomen, quant à lui, est composé de dix segments, dont l'un est pourvu d'un pseudopode rétractile. Ce dernier joue un rôle essentiel lors de la fixation de la larve à un support pour la mue finale et la nymphose (Saharaoui, 1994) (Figure 12).



Figure 12 Larve de coccinelle a 7points.
<https://www.gerbeaud.com>

I.3.3.4. Stade nymphale :

À la fin de leur développement, les larves des insectes holométaboles cessent de s'alimenter et s'immobilisent en se fixant solidement à un support, généralement par l'extrémité de leur abdomen, afin d'entamer la phase de nymphose. La nymphe de coccinelle adopte une forme globuleuse, hémisphérique et de petite taille, mesurant environ 1,66 mm de long pour 1 mm de large. Sa coloration est bigarrée, c'est-à-dire marquée par des teintes variées (Grasse, 1995 ; Grasse et Doumenc, 1998 in Aberlenc, 2011). Ce stade dure en moyenne 8 jours, au terme desquels l'adulte émerge (Iperti et brun, 1961)(Figure 13).



Figure 3 Nympe de coccinelle a 7 points. LMDI — 2002-2023.
<https://www.salamandre.org>

I.3.3.5. Cycle biologique :

En état de quiescence, les coccinelles adultes hivernent dans des feuilles desséchées et enroulées. Elles peuvent également rester sur les végétaux ou tomber au sol. Elles réapparaissent au printemps, généralement entre les mois de mai et juillet, lorsque les conditions climatiques deviennent favorables, en fonction des espèces et de leur régime alimentaire (Saharaoui, 1994).

Après l'accouplement, les femelles pondent entre 20 et 25 œufs par jour, pour un total de 300 à 400 œufs au cours de leur vie. L'incubation dure de 3 à 6 jours, sous des températures comprises entre 22 °C et 30 °C, et une humidité relative située entre 50 % et 60 %. À l'issue de cette période, les œufs éclosent et les larves émergent (Benoufella-Kitous, 2015).

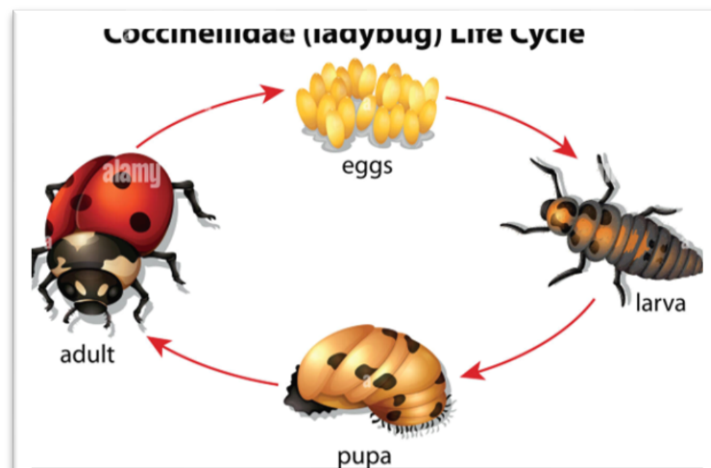


Figure 14 : Cycle biologique de *Coccinella septempunctata* . <https://www.alamyimages.fr>

Dans ces mêmes conditions de température et d'humidité, le développement larvaire s'étale sur environ deux semaines. Il comprend quatre stades successifs, séparés par trois mues, chaque stade durant approximativement quatre jours.

À la fin du quatrième stade, les larves (L4) subissent une mue nymphale. Elles entrent alors dans le stade nymphal, au cours duquel la métamorphose s'interrompt temporairement, avant de s'achever par l'émergence de l'adulte. La durée de cette phase est d'environ une semaine (Saharaoui et ., 2001).

La durée moyenne du cycle complet de développement d'une coccinelle varie de 30 à 35 jours, selon l'espèce et les conditions environnementales. Ces facteurs influencent également le nombre de générations annuelles, qui peut atteindre jusqu'à trois (Ben Halima et al ., 2011 ; Benoufella-Kitous, 2015).(Figure 14).

I.4. Analyse des propriétés biologiques et biochimiques d'*Azadirachta indica* (Jussieu ; 1830)

I.4.1. Le neem et ses Caractéristiques biologiques :

I.4.1.1. Classification et nomenclature :

Le neem peut être classé comme suit (Schmutterer, 1995 ; Puri, 1999):

Ordre : Rutales

sous ordre : Rutineae

Famille : Meliaceae

Sous famille : Melioideae

Genre : *Azadirachta*

Espèce : *Azadirachta indica* (A. Juss1830)(Figure 14).



**Figure15 : *Azadirachta indica* .
<https://seedfella.com>**

I.4.1.2. Etymologie :

Le nom « neem », aujourd’hui largement utilisé et prononcé simplement “nim”, est dérivé du mot sanskrit “nimba”, signifiant “arroseuse”. Ce terme est un raccourci de l’expression “arroseuse de nectar”, ou “nimbrosia”, soulignant les vertus médicinales et bienfaitrices de l’arbre (Puri, 1999).

La signification du nom botanique *Azadirachta indica* est plus sujette à débat. Selon Puri (1999), le mot *Azadirachta* proviendrait de deux termes persans : “azad”, qui signifie “libre”, et “drakhat”, signifiant “arbre”. Ce qui donnerait littéralement « l’arbre libre », tandis que le terme *indica* fait référence à son origine géographique, l’Inde. Le nom scientifique complet se traduirait donc par « l’arbre libre de l’Inde ».

Cependant, l’interprétation de Watt (1889) est considérée comme plus convaincante par certains auteurs. Selon cet auteur, les Perses connaissaient déjà un arbre nommé *Melia azedarach*, appelé en persan “azadirakhat”, où “aza” signifie amer, et “drakhat”, arbre — soit “l’arbre amer”. Lors de l’introduction du neem en Iran, afin de le différencier de *Melia azedarach* (auquel il ressemble beaucoup), on l’aurait nommé “aza-drakhat hindi”, c’est-à-dire “l’arbre amer de l’Inde”. Cette désignation aurait évolué pour donner le nom botanique actuel : *Azadirachta indica*.

I.4.1.3. Origine et répartition géographique de neem :

Azadirachta indica (Juss1839), communément appelé neem, est un arbre appartenant à la famille des Méliacées. Originaire du sud-est asiatique, il s’est aujourd’hui largement répandu à travers le monde, notamment dans les régions tropicales et subtropicales (Schmutterer, 2002 ; Morgan, 2009 ; Paes et al., 2011 ; Koriem, 2013 ; Chattopadhyay et al., 2014).

I.4.1.4. Description de l’arbre :

Azadirachta indica A. Juss, également connu sous les synonymes *Antelaea azadirachta*, est plus couramment désigné sous le nom vernaculaire de margousier ou neem en anglais (Aribi et al., 2020). Cet arbre est utilisé depuis plus de deux millénaires en médecine traditionnelle (Mordue et al., 2005 ; Benelli et al., 2017).

Il s’agit d’une plante verte ornementale, à feuillage dense, qui se distingue par sa croissance rapide et par l’existence de certaines variétés tolérantes au gel. Sa

hauteur varie généralement entre 6 et 15 mètres (Gherida & Goetz, 2014), mais peut atteindre 20 à 30 mètres dans des conditions favorables (Puri, 1999).

Le margousier possède un tronc robuste, dur, de couleur brun foncé, avec une écorce fissurée, mesurant entre 75 et 150 cm de diamètre. Ses feuilles, longues de jusqu'à 25 cm, sont composées de cinq à huit paires de folioles. L'inflorescence, en panicules axillaires, porte de nombreuses fleurs. Ces fleurs, blanches et aromatiques, donnent naissance à un fruit de forme oblongue, mesurant environ un centimètre de long, vert à l'état immature, puis jaune à maturité, avec un goût amer caractéristique des graines (Ketkar, 1976 ; Radwanski & Wickens, 1981).

I.4.1.4.1. La tige :

La tige du neem est généralement relativement court et droit, avec un diamètre pouvant atteindre 1,5 à 3,5 mètres, selon les conditions de croissance (Schmutterer, 1995). L'apparence de l'écorce varie en fonction de l'âge de l'arbre et de sa localisation géographique. Les branches les plus jeunes présentent une écorce plus claire, tandis que les arbres matures arborent un tronc à l'écorce rugueuse, dure, de teinte grise à noirâtre, légèrement fissurée.

La surface interne de l'écorce est fibreuse, avec une coloration allant du rose au brun. Des dépôts de gommages peuvent être observés à certains endroits de la tige. Par ailleurs, chez les arbres plus âgés, notamment dans des zones au climat humide, une sève à l'odeur fétide peut parfois suinter du tronc (Puri, 1999).

I.4.1.4.2. Les feuilles :

Les feuilles du neem sont composées, pennées, et disposées de manière alternée le long d'un pétiole long et mince. La face dorsale des feuilles présente une teinte vert foncé, tandis que la face ventrale est plus claire. Les feuilles mesurent généralement entre 20 et 40 cm de long et sont plus denses à l'extrémité des branches (Puri, 1999).

Les feuillets, dont la forme peut varier, notamment autour de l'axe central, mesurent entre 7 et 15 cm, avec certains atteignant jusqu'à 17 cm sur un même pétiole. Les feuillets jeunes ont une couleur rougeâtre, tandis qu'à maturité, ils

deviennent asymétriques, avec des marges dentées. Selon Schmutterer (1995), un pétiole peut porter jusqu'à 31 feuillets, chacun mesurant entre 3 et 8 cm de long.

Les feuillets sont lisses, et une observation attentive des jeunes feuillets, situés près de la pointe de croissance apicale, révèle la présence de glandes sécrétrices de résine (Puri, 1999).

Les branches du neem sont généralement largement étalées, ce qui permet à l'arbre de former une couronne dense, de forme arrondie ou ovale, pouvant atteindre un diamètre de 15 à 20 mètres chez les sujets matures (National Research Council, 1992 ; Schmutterer, 1995).

I.4.1.4.3. Les racines :

Le système racinaire du neem se compose d'une racine pivotante robuste, accompagnée d'un réseau étendu de racines latérales bien développées. Ces dernières peuvent s'étendre jusqu'à plus de 18 mètres en surface latérale (Benge, 1989). Les racines s'enfoncent profondément dans le sol, ce qui confère à l'arbre une grande résistance aux conditions arides.

De plus, le neem a la capacité de produire des surgeons à partir de ses racines, un mécanisme végétatif qui renforce sa résilience dans les zones sèches et facilite sa régénération naturelle. (Figure 16).



Figure 16 Arbre, fleurs, fruits, feuille et tronc de neem

<https://tierrapura.org>

I.4.1.4.4. Le fruit :

Le fruit du neem est de forme ellipsoïdale, à surface lisse. Il mesure entre 1,4 et 2,8 cm de long pour 1,0 à 1,5 cm de large (Schmutterer, 1995) et présente une apparence similaire à celle de l'olive. Avant maturité, le fruit est vert, puis devient jaune à jaune verdâtre à pleine maturité. Il est constitué d'une pulpe enveloppant une graine unique (Figure 17).



Figure17 : Fruit de neem .
<https://www.alamyimages.fr>

L'exocarpe (peau externe) est mince et lisse, tandis que le mésocarpe (pulpe) est blanchâtre à jaunâtre, aigre-doux et fortement fibreux, avec une épaisseur de 0,3 à 0,5 cm. À l'intérieur se trouve l'endocarpe, une coquille blanche et dure, qui contient un noyau, parfois deux, et très rarement trois. Ces noyaux ovales sont de couleur brune. La coquille mesure entre 0,9 et 2,2 cm de long et 0,5 à 0,8 cm de large, tandis que le noyau mesure 0,8 à 1,0 cm de long pour 0,4 à 0,5 cm de large.

La fructification peut commencer dès l'âge de 2 ans, mais elle survient plus fréquemment entre 3 et 5 ans, avec un rendement maximal à partir de 10 ans. Environ trois mois après la floraison, les fruits arrivent à maturité et commencent à tomber naturellement.

La période de floraison varie selon les zones géographiques. Dans l'hémisphère nord, elle s'étend généralement de janvier/février à mai (comme en Inde), tandis qu'au sud de l'équateur, elle se produit en novembre et décembre. Dans certaines régions, comme en Afrique de l'Ouest (notamment au Sénégal), deux saisons de fructification sont observées : mars/avril et juillet/août (Schmutterer, 1995). En République Dominicaine, dans la vallée d'Azua, le neem peut même fructifier trois fois par an, avec des récoltes en février-mars, fin juin-fin août, et novembre-décembre (Schmutterer, 1995).

I.4.1.5. Caractérisation biochimique :

l'Huile de Neem comprend trois substances actives la Nimbine, la Salanine et l'Azadirachtine (Emulsion Concentrée (EC); Firme: H3D Terraneem-France). La formule chimique de la Nimbine, la Salanine et l'Azadirachtine est de $C_{30}H_{36}O_9$ (540 g/mol), $C_{34}H_{44}O_9$ (596 g/mol) et $C_{35}H_{44}O_{16}$ (720,7 g/mol) respectivement (Fig. 6). Cette formulation, insoluble dans l'eau, correspond à un liquide jaune avec une odeur caractéristique du Neem (Mordue et al., 2005; Gherida & Goetz, 2014).

I.4.1.6. L'azadirachtine : principe actif du neem :

I.4.1.6.1. Caractérisation de l'azadirachtine :

Depuis la première proposition de sa structure chimique (Butterworth et al., 1972), plusieurs révisions ont été apportées (Kraus et al., 1985a,b, 1986, 1987 ; Pöhl, 1985). De nombreuses molécules de structure analogue ont par la suite été isolées à partir du neem. Elles sont regroupées en trois grandes familles : les azadirachtols, les azadirachtines et les meliacarpines (Schmutterer, 1995). Par souci de simplification, ces composés, qui partagent un même squelette carboné mais diffèrent par la position ou la nature de leurs substituants, sont regroupés sous l'appellation générique d'azadirachtines (Remboldt *et al.*, 1987 ; Remboldt, 1989 ; Yamasaki et Klock, 1987) (Figure 18).

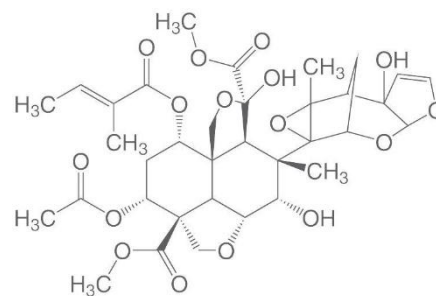


Figure 18 Azadirachtine.
<https://www.carlroth.com>

I.4.1.6.2. Dosage de l'azadirachtine dans le neem :

L'analyse de l'azadirachtine par HPLC, initiée dès 1979 par Uebel et al., présente plusieurs difficultés. D'une part, les amandes de neem renferment de nombreux composés dont la structure chimique est proche de celle de l'azadirachtine, ce qui peut entraîner des interférences lors de l'analyse. D'autre part, le spectre UV de l'azadirachtine manque de spécificité, rendant son identification plus complexe. Ainsi,

une étape préalable de purification des extraits de neem s'avère indispensable pour isoler l'azadirachtine des autres constituants. Toutefois, cette opération est unanimement reconnue comme délicate, d'autant plus que la teneur en azadirachtine dans les amandes de neem reste faible, généralement comprise entre 0,2 et 0,6 % (Govindachari *et al.*, 1990).

I.4.1.6.3. Activité insecticide de l'azadirachtine :

L'azadirachtine est le principe actif le plus abondant, puissant et efficace présent dans *Azadirachta indica* (Morgan, 2009). On la retrouve dans différentes parties de l'arbre, notamment les graines, callosités, fruits et feuilles, et elle est largement utilisée avec succès dans les agroécosystèmes pour son effet insecticide naturel (Mordue *et al.*, 2005 ; Benelli *et al.*, 2017).

Ce composé exerce une activité bio-insecticide importante contre des insectes appartenant à divers ordres (Mordue *et al.*, 2005 ; Poland *et al.*, 2016). Son mode d'action multifactoriel interfère avec plusieurs processus physiologiques et biochimiques chez les insectes cibles, ce qui en fait un outil de choix dans les stratégies de lutte intégrée.

L'azadirachtine a été isolée pour la première fois sous forme cristalline à partir d'extraits méthanoliques de graines de neem par Butterworth et Morgan (1968). Bien que sa présence ait également été signalée dans *Melia azedarach* L., une espèce proche qui pousse dans les mêmes régions (Morgan et Thornton, 1973), cette molécule semble être spécifique au neem.



Chapitre II :

Matériel et méthodes



II.1. Objectif :

L'objectif principal de notre travail est de comparer l'efficacité de différentes méthodes de lutte contre un ravageur majeur des cultures de fève, *Aphis fabae*, afin de déterminer laquelle est la plus efficace,

Nous avons réalisé l'ensemble des expériences dans les laboratoires d'analyses et de projets de fin d'études (PFE), situés respectivement aux pavillons C et E de l'Institut vétérinaire de l'Université de Blida 1. Ces travaux ont été menés durant la période allant de janvier à mai 2025.

II.2. Matériel utilise sur terrain :

II.2.1. Matériel non biologique : (voir annexe).

II.2.2. Matériel biologique :

- Graines *Vicia faba* la fève .
- Puceron noir : *Aphis fabae*.

II.3. Matériel utilise au laboratoire :

II.3.1. Matériel non biologique : (voir annexe 2) :

II.3.2. Matériel biologique : Matériel biologique :

- Graines et feuilles de neem (*Azadirachta indica*).
- Larves de coccinelle à 7 points (*Coccinella septempunctata*) « Les larves utilisées dans cette étude ont été importées de France, en lot de 50 individus (1^{er} / 2eme Stade), achetées auprès du site Truffaut spécialisé dans la vente de produits liés au jardinage. <https://fr.jardins-animes.com/larves-oeufs-coccinelle-europeenne-anti-pucerons-p-347.html>)
- Puceron : Des individus de l'espèce *Aphis fabae* (adultes mâles et femelles, ainsi que des larves), ont été collectés manuellement dans un champ libre situé dans la région de Blida.
- Des plants de *Vicia faba*.

II.4. Méthodes utilisées :

II.4.1. Méthodes utilisées sur terrain

II.4.1.1. Semis et mise en culture des graines de *vicia fabae* en pots :

Des graines saines ont été sélectionnées avec soin, puis préalablement mises à germer dans du coton humidifié. Cette étape a été réalisée afin de favoriser une germination homogène. Les graines ont été maintenues dans un environnement humide et à température ambiante jusqu'à l'apparition des radicules. Une fois la germination amorcée, les graines ont été transférées dans des pots en plastique, remplis de terre végétale stérile, la stérilisation du sol a été réalisée en étuve à une température maximale de 300 °C. Après refroidissement, le substrat a été humidifié à l'aide d'eau distillée, afin de créer des conditions favorables à la culture des plants de fève.

Chaque graine a été plantée à une profondeur d'environ 2 à 3 centimètres, en veillant à ce que la racicule soit orientée vers le bas.

Après le semis, les pots ont été placés près d'une source lumineuse naturelle et arrosés régulièrement pour maintenir une humidité optimale. Aucune fertilisation supplémentaire ni traitement phytosanitaire n'a été appliqué afin de ne pas perturber les futures infestations d'insectes.

Les jeunes plants ont été conservés jusqu'à atteindre un stade de 4 à 6 feuilles, stade jugé optimal pour l'installation des colonies de pucerons. (Figure



Figure 19 : Etuve de stérilisation
(Original 2025)



Figure 20 : Graines de fève
Vicia fabae après germination
(Original 2025)

19,20,21 et 22).



Figure 21 : Mise en pot des semis de fève (*Original 2025*)



Figure 22 : Plant de fève au stade 4 à 6 feuilles(*Original 2025*)

II.4.2. Méthodes utilisées au laboratoire :

II.4.2.1. Préparation de purin de neem :

Les graines fraîches de neem : *Azadirachta indica* ont été récoltées manuellement, puis soigneusement lavées à l'eau distillée afin d'éliminer les impuretés. Immédiatement après le lavage, elles ont été placées dans un bac propre pour être utilisées. Une masse de 200 g de graines a été pesée à l'aide d'une balance électronique de précision. Les graines préparées ont ensuite été placées dans une bouteille en verre propre, à fermeture hermétique, contenant 2 litres d'eau distillée. (Figure 23,24 et 25).

La fermentation a été réalisée sur une période de 15 jours, durant laquelle la bouteille contenant les graines et l'eau distillée a été conservée dans un endroit sombre et à température ambiante, à l'abri de la lumière.

Ces conditions visent à favoriser une fermentation anaérobie stable, permettant la dégradation progressive de la matière organique et la libération des composés bioactifs présents dans les graines de neem (Chandel & Gupta, 2018).



Figure 23: Graines de neem
(Original 2025)



Figure 24 : lavage des graines de neem
(Original 2025)



Figure 25 : pesée des graines de neem
(Original 2025)

Après 15 jours de fermentation, le mélange a été filtré afin de séparer le liquide des résidus solides. La filtration a été réalisée à l'aide d'un entonnoir et d'un papier filtre Whatman, permettant d'obtenir un liquide clair.

Une bouteille en verre destinée à contenir le purin a été préalablement stérilisée à l'aide de la flamme d'un bec de Bunsen. Le liquide filtré, correspondant au purin de neem, a été ensuite transféré dans la bouteille stérile, soigneusement fermée hermétiquement, puis étiquetée avec les informations nécessaires (nom du produit, date de fabrication) (Figure 26, 27).

La bouteille a été conservée à l'abri de la lumière et de la chaleur, dans un endroit frais et sombre, en attendant son utilisation.



Figure 26: Étape de filtration du purin (Original 2025).



Figure 27 : Purin de neem stocké dans une bouteille en verre stérile (Original 2025).

II.4.2.2. Evaluation des concentrations de traitement au purin de neem :

Dans le but de tester l'efficacité du purin de neem en tant que bio-insecticide contre le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*), trois concentrations diluées ont été préparées à partir de la solution mère, dont la concentration est de 100 mg/mL. Les dilutions ont été réalisées selon la formule classique :

$$C1.V1 = C2.V2$$

où :

$C1 = 100 \text{ mg/mL}$: concentration du purin brut,

$V1 = 6 \text{ mL}$: volume constant de purin utilisé pour chaque dilution,

$C2$: concentration finale désirée.

$V2$: volume final à atteindre.

Pour chaque solution, 6 ml de purin brut ont été introduits dans un bécher propre. Le volume d'eau distillée correspondant a ensuite été ajouté afin d'obtenir la concentration souhaitée. Les solutions ont été soigneusement homogénéisées à l'aide d'un

agitateur magnétique, puis transférées dans des flacons opaques étiquetés (D1,D2,D3). (Figure 28).



Figure 28 : Bouteilles contenant les trois doses expérimentales de purin de neem (Original 2025).

II.4.2.3. Préparation de l'extrait éthanolique de graine de neem :

L'extrait éthanolique a été préparé à partir de graines fraîches et mûres de neem : *Azadirachta indica*, récoltées manuellement. Les graines ont été ramenées au laboratoire puis lavées à l'eau du robinet afin d'éliminer les impuretés, puis triées manuellement de manière à ne conserver que les graines saines. (Figure 29).

Elles ont ensuite été débarrassées de leur enveloppe externe (peau) afin de ne conserver que les amandes. Les amandes sélectionnées ont ensuite été pesées, et la masse obtenue était de 500 grammes. (Figure 30).

Ces amandes ont été étalées sur un plateau propre, puis séchées dans une étuve à température modérée (environ 40–50 °C) pendant 72 heures, dans le but de réduire leur teneur en humidité.



Figure 29 : Étape de retrait de l'enveloppe externe des graines de neem (Original 2025).



Figure 30 : Quantification des graines de neem avant transformation (Original 2025).

Une fois bien sèches, les graines ont été broyées à l'aide d'un broyeur, ce qui a permis d'obtenir environ 25 g de poudre fine et homogène, utilisée pour la préparation de l'extrait éthanolique. (Figure 32 et 33).



Figure 31 : Broyage des graines sèches de neem (Original 2025).



Figure 32 : Poudre fine de graines de neem obtenue après broyage (Original 2025).

Après obtention de la poudre fine des graines de neem (*Azadirachta indica*), 125 mg de cette poudre ont été pesés à l'aide d'une balance électronique de précision, puis transférés dans une bouteille en verre propre contenant 100 ml d'éthanol à 98 % (v/v). (Figure 34 et 34).

Le mélange a été placé sur un agitateur magnétique et soumis à une macération dynamique pendant 48 heures à température ambiante, afin de favoriser l'extraction des composés bioactifs.

À l'issue de la macération, le mélange a été filtré à l'aide d'un entonnoir, d'un papier filtre Whatman et d'un bécher gradué. Le filtrat obtenu, correspondant à l'extrait éthanolique de neem, a été conservé dans une bouteille en verre étiquetée, à l'abri de la lumière, jusqu'à son utilisation (Vu Van Do & Nguyen Tien Thang , 2005)

Cet extrait de concentration initiale 1,25 mg/ml a ensuite servi à la préparation de trois doses expérimentales destinées à l'évaluation biologique des traitements.



Figure 33 : Préparation de la solution (Original 2025).



Figure 34 : Extrait éthanolique de graines de neem obtenu après filtration (Original 2025).

II.4.2.4. Préparation des doses expérimentales des traitements :

Trois concentrations finales ont été préparées à partir de l'extrait brut (250 mg/ml), selon la formule de dilution :

$$C1.V1 = C2.V2$$

Pour chaque concentration, un volume de 9 ml d'extrait brut a été prélevé et introduit dans un bécher, puis complété avec le volume d'éthanol correspondant. Les solutions ont été homogénéisées, transférées dans des flacons opaques étiquetés et conservées à l'abri de la lumière jusqu'à leur utilisation.

II.4.2.5. Détermination taxonomique *Aphis fabae* :

L'identification morphologique d'*Aphis fabae* s'est basée sur l'observation à l'œil nu et à la loupe binoculaire des caractères distinctifs de l'espèce. (Figure 35).

- La pigmentation et les motifs abdominaux
- La forme, la taille et la couleur du corps
- La structure du front et des tubercules frontaux
- La forme et la longueur des antennes
- Le nombre et la disposition des articles antennaires
- Le nombre de sensoriaux primaires et secondaires sur les antennes
- La nervation alaire, en particulier la nervure médiane et sa bifurcation
- La forme et la longueur des cornicules
- La morphologie de la cauda et le nombre de soies caudales
- La présence éventuelle de taches ou de plaques cireuses

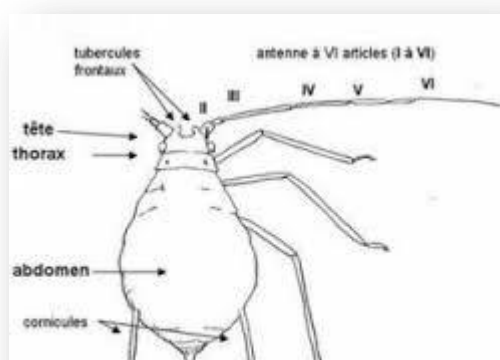


Figure 35 : les différents caractères d'identification d'un puceron

Les pucerons utilisés dans cette expérience proviennent d'un prélèvement effectué sur des plants de fève dans un champ situé à Blida. Les individus ont ensuite été observés à la loupe binoculaire au laboratoire, ce qui a permis de vérifier l'ensemble des critères morphologiques d'identification mentionnés précédemment. L'identification a été confirmée en se référant à un guide d'identification des pucerons dans des cultures maraîchères et en comparant les spécimens observés avec des photographies de référence issues de la littérature scientifique. (Figure 36,37,38 et 39).



Figure 36 : Pucerons collectés sur fèves (Original 2025).



Figure 37: Déplacement manuel des pucerons vers une boîte de Pétri à des fins d'observation. (Original 2025).



Figure 38 : Observation des pucerons sous loupe binoculaire. (Original 2025).



Figure 39 : Images des pucerons sous loupe binoculaire

(Original 2025).

II.4.2.6. Infestation contrôlée des fèves en pot par *Aphis fabae* :

Un nombre précis de pucerons, soit des larves, mâles et femelles, été transféré manuellement sur les plants de fèves en pot à l'aide d'un pinceau fin, dans le but de réaliser l'infestation de manière contrôlée. (Figure 40).



Figure 40 : Infestation de fève par *Aphis fabae* (Original 2025).

II.4.2.7. Evaluation du pouvoir prédatif des coccinelles sur *Aphis fabae* :

Dans cette étude, l'espèce utilisée pour la lutte biologique contre les pucerons noirs (*Aphis fabae*) est la coccinelle à sept points (*Coccinella septempunctata*), l'un des prédateurs les plus efficaces et les plus étudiés dans la lutte intégrée. (Figure 41).



Figure 41 : Conditionnement des coccinelles importées à leur arrivée au laboratoire

(Original 2025).

Dès leur réception au laboratoire, les larves ont été triées par stade de développement : des larves de 1er stade et de 2e stade ont été isolées et réparties individuellement dans des boîtes de Pétri stériles.

Chaque boîte contenait une feuille fraîche de fève ainsi qu'un certain nombre de pucerons noirs (*Aphis fabae*) vivants, servant de proies. Les expériences ont été menées dans quatre boîtes de Pétri, chacune contenant une seule larve de 3eme stade et 30 individus vivants d'*Aphis fabae* (10femelles, 10mâles et 10larves), prélevés sur les plants de fèves infestés. Chaque boîte a été observée séparément, et le nombre de pucerons consommés ainsi que le temps nécessaire à leur consommation ont été chronométrés (Figure 42).



Figure 42 : Larve de coccinelle en prédation sur puceron noir (Original 2025) .

II.4.2.8. Evaluation de la consommation des pucerons sur plante de fève par les coccinelles :

Pour évaluer la voracité des larves de *Coccinella septempunctata*, deux larves au troisième stade larvaire ont été utilisées. Chaque larve a été placée individuellement sur une plante de fève fortement infestée par des pucerons noirs, comprenant des mâles, des femelles et des larves. Les plantes ont été installées dans des cages en moustiquaire au laboratoire afin d'éviter la dispersion des insectes et de faciliter les observations.

Après une période de 24 heures, le nombre de pucerons consommés sur chaque plante a été déterminé. Avant l'introduction des larves, la plante 1 comptait environ 120 pucerons, et la plante 2 environ 110 pucerons. (Figure 43).



Figure 43 : Cage en moustiquaire avec plantes de fève infestées et les larves de coccinelles. (Original 2025).

II.4.2.9. Méthodes de traitement au purin de neem en conditions contrôlées :

Les tests ont été réalisés dans des boîtes de Pétri propres et bien ventilées, chacune contenant une feuille fraîche de fève, servant à la fois de support alimentaire et de substrat naturel pour les pucerons. Dans chaque boîte, 30 individus de pucerons noirs ont été introduits, répartis de manière équilibrée en :

- 10 larves,
- 10 adultes mâles,
- 10 adultes femelles.

Pour chaque concentration, Deux répétitions ont été réalisées, ce qui représente six boîtes au total. Une boîte témoin a également été ajoutée, traitée de la même manière mais sans application de purin, portant ainsi le nombre total de boîtes à sept.

Après la mise en place des dispositifs expérimentaux, les différents traitements ont été appliqués avec rigueur afin de garantir la reproductibilité et la fiabilité des résultats. Chaque solution a été pulvérisée à l'aide d'un pulvérisateur manuel à buse fine, permettant une répartition homogène de la solution sur toute la surface de la feuille ainsi que sur les pucerons présents dans la boîte (Figure 44).

L'application des traitements s'est faite progressivement, en commençant systématiquement par la concentration la plus faible, pour chaque type de produit, et en terminant par la plus élevée. Cette méthode a permis d'éviter toute contamination croisée ou effet résiduel potentiel entre les doses. La boîte témoin a été manipulée en premier, dans les mêmes conditions expérimentales, afin de préserver l'intégrité des résultats comparatifs.

Après pulvérisation, les boîtes ont été immédiatement fermées puis placées dans un environnement stable, à température ambiante, à l'abri de la lumière directe.



Figure 44: Dispositif expérimental de traitement de puceron par le purin de neem au laboratoire (Original 2025).

Les effets des traitements ont été évalués à travers deux temps d'observation successifs :

- Première observation : 15 minutes après l'application du traitement.
- Deuxième observation : 1 heure après l'application.

Ces deux points de contrôle ont permis de détecter les premiers signes d'intoxication ou de mortalité chez les pucerons (immobilité, la mort).

II.4.2.10. Disposition expérimentale pour l'évaluation du purin de neem :

Le protocole appliqué pour l'évaluation de l'efficacité de l'extrait éthanolique de graines de neem a suivi les mêmes principes que celui utilisé pour les purins. Des boîtes de Pétri stérilisées ont été préparées, chacune contenant une feuille fraîche de fève servant de support naturel. Trente pucerons noirs (*Aphis fabae*) ont été introduits dans chaque boîte, répartis-en :

- 10 larves,
- 10 adultes mâles,
- 10 adultes femelles.

Les pucerons utilisés ont été prélevés à partir des plants de fèves préalablement infestés dans notre propre dispositif expérimental. Trois concentrations de l'extrait éthanolique de neem ont été testées, avec deux répétitions pour chaque dose, soit six boîtes

de Pétri au total. Une boîte témoin, non traitée, a été ajoutée, traitée dans les mêmes conditions sauf l'application du produit.

L'application des traitements s'est effectuée à l'aide d'un pulvérisateur manuel à buse fine, assurant une distribution homogène de la solution sur la surface de la feuille et sur les pucerons présents. Les doses ont été appliquées de manière progressive, en commençant par la concentration la plus faible et en allant vers la plus élevée, afin d'éviter toute contamination croisée.

Des observations ont été réalisées après 15 minutes, puis après une heure, afin d'évaluer les premiers effets du traitement sur les pucerons. (Figure 45).

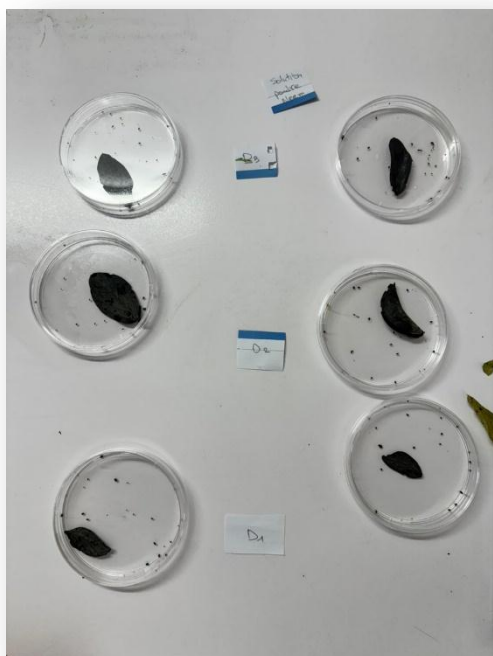


Figure 45 : Application des doses de traitement sur boîtes de Pétri. (Original 2025).

II.4.2.11. Dispositif expérimental des populations de puceron traitées à la solution de deltaméthrine :

Dans le cadre de l'évaluation comparative de l'efficacité insecticide, la deltaméthrine, un pyréthrinoïde de synthèse a été utilisée comme référence chimique. Cette molécule a été comparée à plusieurs alternatives naturelles, à savoir :

- La macération de poudre de graines de neem (*Azadirachta indica*),
- Le purin de neem,

- Et la lutte biologique par introduction de coccinelles à sept points

Nous avons procédé à la préparation de différentes concentrations de cette molécule selon les étapes suivantes :

➤ **Préparation de la solution mère :**

Nous avons pesé 20 mg de deltaméthrine pure à l'aide d'une balance analytique. Cette quantité a été dissoute dans 2 ml d'éthanol dans un flacon en verre, puis la solution a été homogénéisée jusqu'à dissolution complète de la matière active. La concentration finale obtenue pour cette solution mère est de 10 mg/mL.

➤ **Préparation de la solution intermédiaire :**

Une solution intermédiaire à 1 mg/mL a été préparée en prélevant 100 μ L (0,1 mL) de la solution mère, puis en la diluant dans 900 μ L d'éthanol. La solution a été homogénéisée soigneusement avant utilisation.

➤ **Préparation des solutions filles :**

À partir de la solution intermédiaire (1 mg/mL), nous avons préparé trois solutions filles.

Toutes les solutions ont été préparées dans des béchers stériles, puis transférées dans des flacons en verre opaques munis de bouchons hermétiques. Elles ont été conservées à l'abri de la lumière et utilisées le jour même pour les tests d'efficacité contre les pucerons noirs de la fève (*Aphis fabae*).

II.4.2.11. Evaluation des taux de mortalité de puceron avant et après traitements pour les deux biocides et l'insecticide chimique utilise :

L'évaluation des taux de mortalité des pucerons noirs (*Aphis fabae*) a été réalisée avant et après l'application des différents traitements, afin de mesurer l'efficacité comparative des

Deux biopesticides à base de neem (purin et macération de poudre) ainsi que de l'insecticide chimique (deltaméthrine).

Les observations ont été effectuées à intervalles réguliers, notamment 15 minutes et 1 heure après l'application des traitements, en comptant le nombre de pucerons

morts dans chaque boîte de Pétri. La mortalité a été estimée en pourcentage, en fonction du nombre total d'individus initialement introduits.

Les résultats obtenus ont permis de comparer l'effet immédiat de chaque traitement. Une attention particulière a été portée à la rapidité d'action, à l'efficacité globale, ainsi qu'à la variation de sensibilité entre les différents stades et sexes des pucerons.

k1. Calcule du taux de mortalité corrigé de *A.fabae*

Pour évaluer l'efficacité insecticide des différents traitements testés : purin de neem, extrait éthanolique de neem et deltaméthrine sur les populations d'*Aphis fabae*, il est essentiel de prendre en compte la mortalité naturelle observée dans les témoins non traités. Le calcul du taux de mortalité corrigé permet d'ajuster les résultats expérimentaux en éliminant l'effet de la mortalité spontanée, afin de mieux reproduire l'impact réel des traitements.

La correction est généralement réalisée selon la formule de Abbott (1925), qui compare la mortalité observée dans les lots traités à celle enregistrée dans les témoins. Cette méthode garantit une évaluation plus précise de l'efficacité des agents insecticides, qu'ils soient naturels ou chimiques.

Le taux de mortalité corrigé est ainsi calculé selon la relation suivante :

Taux de mortalité corrigé (%) = $\frac{\text{Mortalité des traités} - \text{Mortalité des témoins}}{100 - \text{mortalité témoins}}$

K2. Calcule de la dose létale qui tue 50% de la population (DL50)

L'évaluation de la DL₅₀ (dose létale médiane) constitue une étape clé dans l'estimation de la toxicité d'un produit phytosanitaire ou naturel. Elle permet de déterminer la concentration d'une substance nécessaire pour provoquer la mortalité de 50 % d'une population d'un ravageur à savoir dans notre cas *Aphis fabae*. Cette mesure est largement utilisée en toxicologie pour comparer l'efficacité relative de différentes substances, qu'il s'agisse d'extraits végétaux (purin de neem, extrait éthanolique) ou de produits de synthèse (ex. deltaméthrine).

La détermination de la DL₅₀ repose sur une analyse de régression, généralement de type linéaire ou log-probit, appliquée aux données de mortalité obtenues pour une série croissante de concentrations. En convertissant les doses en logarithmes et les pourcentages de mortalité en

unités probits, on obtient une droite de régression dont l'équation permet d'estimer la valeur correspondant à 50 % de mortalité. L'ordonnée à l'origine et la pente de cette droite donnent des indications sur la sensibilité des insectes au traitement(Finney (1971).

II.5. Evaluation du taux de consommation de puceron par les populations de *coccinella septempunctata* testée au laboratoire :

Le protocole suivi permet de déterminer :

- Le taux de prédation en conditions standardisées,
- La préférence alimentaire éventuelle selon le stade du puceron (larve ou adulte),
- Et de comparer l'efficacité prédatrice des différents stades larvaires de *C. septempunctata*.

II.5.1. Calcule du taux de consommation :

Le taux de consommation permet d'évaluer l'efficacité d'un prédateur, tel que *Coccinella septempunctata*, à réduire une population de pucerons sur une période donnée. Ce taux est calculé en comparant la densité initiale de pucerons présents avant l'introduction du prédateur à la densité finale observée après exposition.

II.5.2. Estimation du taux de consommation de puceron par habitat

La formule utilisée exprime la proportion de pucerons consommés en pourcentage, ce qui facilite la comparaison entre différents traitements, conditions expérimentales ou habitats. Elle est donnée par la relation suivante :

$$\text{Taux de consommation} = \frac{\text{Densité finale} - \text{la densité initiale}}{\text{Densité initiale}} \times 100$$

Cette méthode est largement utilisée en écologie et en lutte biologique pour quantifier la pression de prédation exercée sur les populations de ravageurs (Hodek & Evans, 2012).



Chapitre III :

Résultats et discussion



III.1 Identification morphologique d'*Aphis fabae*:

Après comparaison des pucerons présents au laboratoire avec les clés d'identification, notamment le Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraîchères au Québec (Royer et al., 2008), nous avons confirmé qu'il s'agissait bien d'*Aphis fabae*, le puceron noir (Figure 46 A).

III.1.1. La couleur :

- Corps noir mat à brun foncé, parfois avec des reflets cireux.
- Les formes aptères (sans ailes) sont particulièrement foncées.

III.1.2. Cornicules(siphons) (Figure 46 B).

- Présentes, bien visibles.

III.1.3. Cauda (queue abdominale) (Figure 46 C et 46D).

- Triangulaire à légèrement arrondie, noire.
- Munie de quelques soies fines.
- Cette structure permet de distinguer *A. fabae* d'autres espèces proches comme *Aphis craccivora*, qui a une cauda plus allongée.

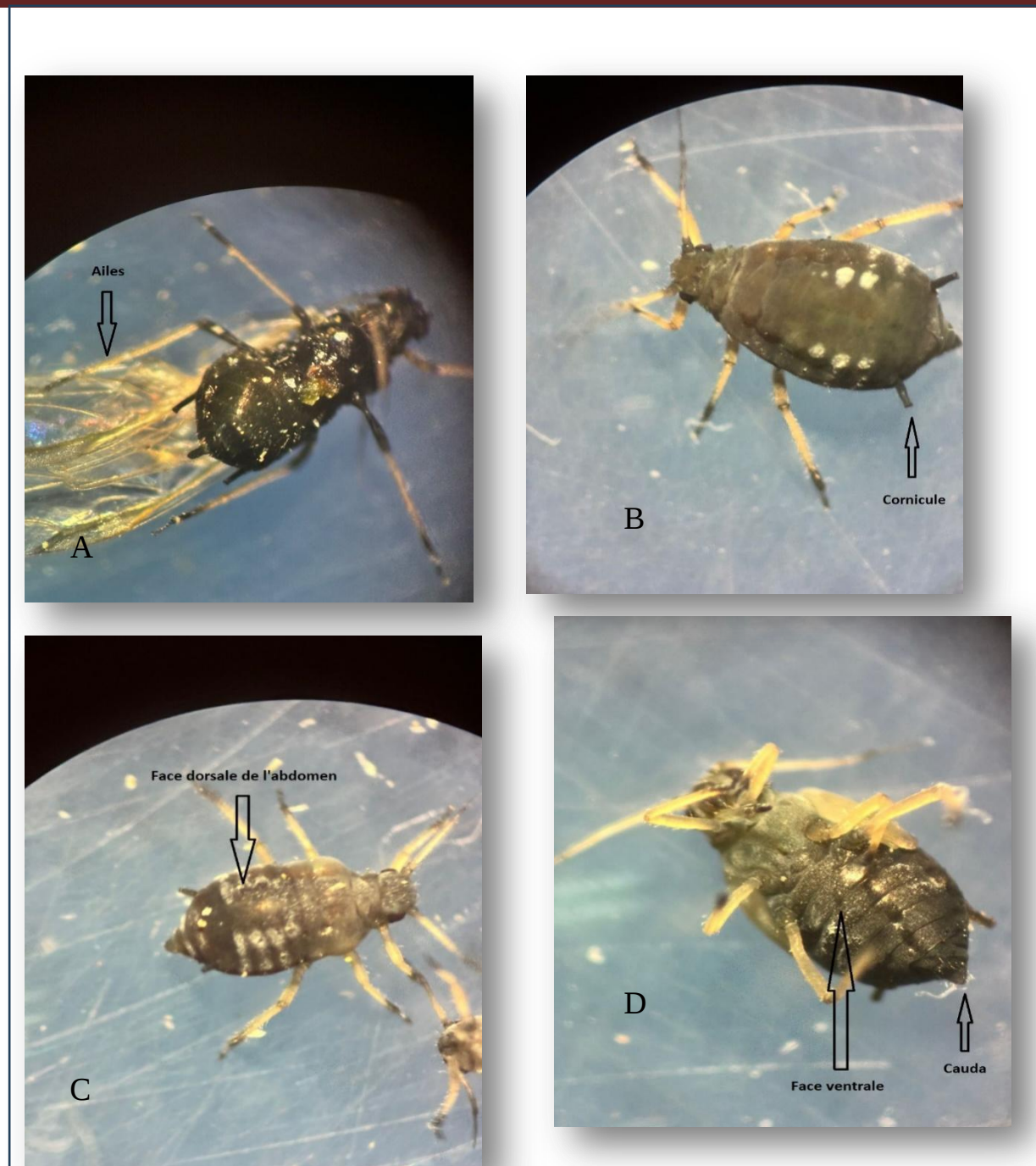


Figure 46 : Principaux critères morphologique utilisés pour l'identification d' *Aphis fabae* sous binoculaire (originale, 2025)

A : *Aphis fabae* ailés **B :** : Cornicule d'*Aphis fabae* bien visible

C : Bandes cireuses bien distinctes à la face dorsale ; **D :** Cauda bien visible à la face ventrale

III.2. Etude de l'efficacité des solutions de neem sur *Aphis fabae* :

Afin de déterminer l'efficacité des différents traitements testés, une évaluation du taux de mortalité d'*Aphis fabae* a été réalisée en conditions semi contrôlées. Cette étape vise à mesurer l'effet toxique de chaque traitement sur la population de pucerons.

III.2.1 Extrait éthanolique

III.2.1.1 Évaluation de différentes doses

Une solution mère de poudre de neem a été préparée à une concentration de 250 mg/ml. À partir de cette solution, différentes concentrations ont été obtenues afin d'évaluer l'efficacité biologique, notamment l'effet toxique, des doses appliquées contre le puceron noir *Aphis fabae*, comme présenté dans le tableau ci-dessous (Tableau 1)

Tableau 1 : Doses et concentrations appliquées pour la macération de poudre de neem

Doses	Concentrations
Témoin négatif	Eau distillée seulement
C1	50 mg/ml
C2	100 mg/ml
C3	160 mg/ml

III.2.1.2 Évaluation du taux de mortalité *d'Aphis fabae* en conditions expérimentales :

Tableau 2 : Effet de différentes doses d'extrait éthanolique de poudre de neem sur la

	Répétitions	Bloc1(C1 : 50mg/ml)			Bloc 2 (C2 :100mg/ ml)			Bloc 3 (C3 : 160mg/ml)			Bloc4(Témo ins)		
Stade de Développement		Larves	Femelles	mâles	Larves	Femelles	mâles	Larves	Femelles	mâles	Larves	Femelles	mâles
Après 15mn	R1	10	10	10	10	10	10	10	9	9	0	0	0
	R2	10	10	10	10	10	10	10	9	9	0	0	0
Après 1heures	R1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0
	R2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0
Moyennes		10	10	10	10	10	10	10	9,5	9,5	0	0	0
% de mortalité		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95%	95%	0%	0%	0%

mortalité *d'Aphis fabae* en conditions contrôlées

III.2.1.3. Interprétation des résultats :

Les résultats obtenus en conditions contrôlées ont révélé un taux de mortalité de 100 % des individus *d'Aphis fabae* pour l'ensemble des doses testées de l'extrait éthanolique de poudre de neem. Cette mortalité totale, observée dès la dose la plus faible(C3), ceci met en évidence l'efficacité insecticide élevée de l'extrait, même à faible concentration (Tableau 2).

III.2.2. Purin de graines de neem :

III.2.2.1. Evaluation de différentes concentrations :

Le purin de graines de neem utilisé dans cette étude présentait une concentration massique de 100 mg/ml. À partir de cette solution mère, trois doses différentes ont été préparées dans le but d'évaluer leur efficacité en conditions contrôlées. Les résultats observés sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 3) :

Tableau 3 : Doses et concentrations retenues pour le purin de neem.

Concentrations	
Témoin	Eau distillée seulement
C1	12,5 mg/ml
C2	18,75 mg/mm
C3	25 mg/mL

III.2.2.2. Quantification de la mortalité d'*Aphis fabae* en conditions expérimentales :

Tableau 4 : Effet de différentes doses de purin de neem sur la mortalité d'*Aphis fabae* en conditions contrôlées

	Répétitions	Bloc1(C1 : 12mg/ml)			Bloc 2 (C2 :18,75mg/ ml)			Bloc 3 (C3 : 25mg/ml)			Bloc4(Témoins)		
Stade de Développement		Larves	Femelles	mâles	Larves	Femelles	Mâles	Larves	Femelles	mâles	Larves	Femelles	mâles
Après 15mn	R1	10	10	8	10	10	10	10	7	7	0	0	0

	R2	9	9	10	10	7	8	8	7	8	0	0	0
Après 1 heures	R1	10	9	9	10	10	10	10	10	10	0	0	0
	R2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0
Moyennes		9,75	9,50	9,25	10	9,25	9,50	9,50	8,50	8,75	0	0	0
% de mortalité		97,5%	97,5%	92,5%	100%	92,5%	97,5%	97,5%	85%	87,5%	0%	0%	0%

III.2.2.3. Interprétation des résultats :

Les résultats obtenus après traitement montrent une efficacité insecticide très élevée du purin de neem, quel que soit le stade de développement des individus (*Aphis fabae*). Les taux de mortalité atteignent des niveaux très élevés dans tous les blocs traités, comparativement au témoin (bloc 4), où aucune mortalité (0 %) n'a été enregistrée. La concentration C2 (Bloc 2) se distingue par une mortalité de 100 % des larves dès les premières répétitions et une mortalité très élevée chez les femelles (92,5 %) et les mâles (97,5 %). Même à la plus faible concentration testée (C3, Bloc 3), on observe une mortalité supérieure à 85 % pour l'ensemble des stades, ce qui met en évidence une forte efficacité dès les doses minimales. Les larves semblent globalement plus sensibles au traitement que les femelles et les mâles, notamment dans les blocs 1 et 3. Chez les témoins aucune mortalité n'a été enregistrée.

III.2.3 Insecticide chimique deltaméthrine :

III.2.3.1. Evaluation des doses :

Trois concentrations de deltaméthrine ont été préparées à partir d'une solution intermédiaire de 1 mg/ml, en réalisant des dilutions appropriées. Ces concentrations ont été sélectionnées dans le but d'évaluer la toxicité de cet insecticide chimique sur *Aphis fabae* en conditions contrôlées.

Tableau 5 : Doses et concentrations appliquées pour la Deltaméthrine.

Dose	Concentration
------	---------------

Témoin	Eau distillée seulement
D1	0,001 mg/ml
D2	0,005 mg/ml
D3	0,01 mg/ml

III.2.3.2- Evaluation de la mortalité d'*Aphis fabae* en conditions expérimentales

Tableau 6: Effet de différentes doses de deltaméthrine sur la mortalité d'*Aphis fabae* en conditions contrôlées.

	Répétitions	Bloc1(C1 : 0,001mg/ml)			Bloc 2 (C2 :0,005mg/ml)			Bloc 3 (C3 : 0,01mg/ml)			Bloc4(Témoins)		
Stade de Développement		Larves	Femelles	mâles	Larves	Femelles	mâles	Larves	Femelles	mâles	Larves	Femelles	mâles
Après 15mn	R1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0
	R2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0
Après 1heures	R1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0
	R2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0
Moyennes		10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0
% de mortalité		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%

III.2.3.3. Calcule de taux de mortalité corrigée :

$$TMC = (1 - M_c / M_t - M_c) \times 100$$

Mais comme $M_c = 0$, on a :

$$TMC = M_t \times 100$$

Et puisque la mortalité observée est de 100 % pour toutes les répétitions, on a :

$$TMC = 100\%$$

III.2.3.4. Interprétation des résultats :

Les résultats obtenus montrent une mortalité totale (100 %) des pucerons noirs (*Aphis fabae*) pour les trois doses de Deltaméthrine, et ce dès la première heure d'exposition. Étant donné que le témoin n'a enregistré aucune mortalité, le TMC est également de 100 % pour toutes les répétitions.

Ces résultats traduisent un effet insecticide immédiat et puissant, typique des pyréthrinoïdes de synthèse, et confirment l'efficacité élevée de la Deltaméthrine dans l'élimination rapide des pucerons.

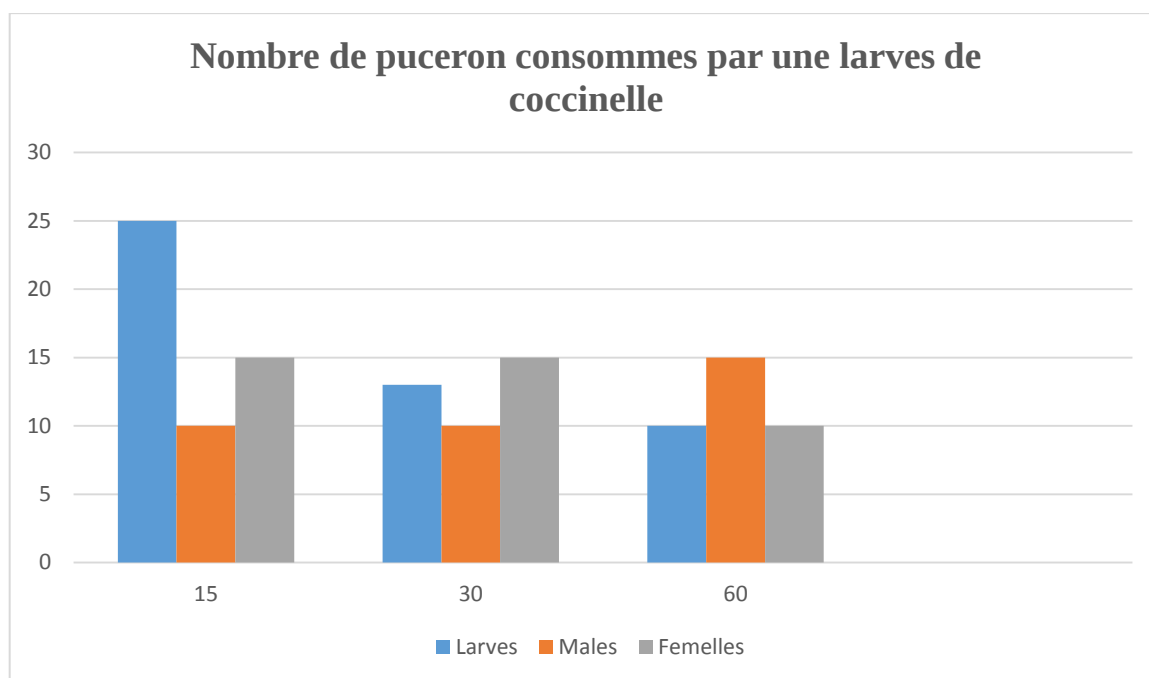
III.3. Evaluation de taux d'accroissement par habitat des coccinelles :

Dans cette partie, l'objectif était d'évaluer la voracité des larves de *Coccinella septempunctata* au troisième stade larvaire sur *Aphis fabae*.

III.3.1. Evaluation de taux de consommation de puceron par les coccinelles :

Tableau 7 : Nombre de pucerons consommés par une larve de *Coccinella septempunctata* (3^e stade)

Stade de développement	Nombre de pucerons consommés			
	Boîte de Pétri	Durée de consommation (mn)		
		15	30	60
Larves	B1	1	2	1
	B2	4	1	1
	Moyenne	2 ,5	1,3	1
	Taux de consommation %	25%	13%	10%
Males	B1	1	1	1
	B2	1	1	2
	Moyenne	1	1	1,5
	Taux de consommation	10%	10%	15%
Femelles	B1	2	1	1
	B2	1	2	1
	Moyenne	1,5	1,5	1
	Taux de consommation	15%	15%	10%



III.3.2. Interprétation des résultats :

Les résultats montrent que les larves de *Aphis fabae* sont les plus consommées par *Coccinella septempunctata*, avec un taux de consommation de 25 % dès les 15 premières minutes, contre 15 % pour les femelles et 10 % pour les mâles. Cela indique une préférence marquée pour les stades jeunes, probablement en raison de leur vulnérabilité. Au fil du temps, la consommation des larves diminue (jusqu'à 10 % à 60 minutes), tandis que celle des mâles augmente légèrement. Ce changement suggère que les coccinelles consomment d'abord les proies les plus accessibles avant de s'attaquer aux autres.

Pour mettre en valeur nos résultats par rapport à la prédation de puceron par la coccinelle, nous avons calculer le taux de consommation de puceron par habitat afin de mettre en évidence la voracité de la coccinelle.

III.3.3. Estimation du taux de consommation de puceron par habitat (coccinelle) :

Les taux de consommation de *Aphis fabae* par *Coccinella septempunctata*, selon le stade de développement et le sexe, dans un habitat confiné (boîte de Pétri) pendant une durée de 60 minutes sont représentés dans le tableau 8 .

Tableau 8 : Taux de consommation des pucerons par habitat (coccinelle).

Stade de Développement	Nombre de pucerons consommés par habitat	
	Boîte de Pétri	60 min
Larves	Taux de consommation	-10
Males	Taux de consommation	-15
Femelles	Taux de consommation	-10

III.3.3.1. Interprétation des résultats :

Les résultats révèlent que les mâles présentent le taux de consommation le plus élevé avec 15 pucerons consommés, suivis par les larves et les femelles, qui en consomment chacune 10. Cette variation suggère que la capacité de prédation est influencée par le stade de développement et le sexe des individus.

Bien que les larves, en particulier au troisième stade, soient généralement reconnues pour leur voracité en raison de leurs besoins énergétiques élevés, ces données montrent que les mâles adultes peuvent se révéler plus actifs sur de courtes périodes d'observation, dans des conditions expérimentales contrôlées. Ce résultat peut être attribué à une plus grande mobilité ou à un comportement alimentaire plus opportuniste des mâles dans cet environnement restreint.

III.3.4. Taux de consommation des pucerons sur plant de fève :

Deux larves de *Coccinella septempunctata* au troisième stade larvaire ont été placées individuellement sur deux plantes de fève (*Vicia faba*) fortement infestées par *Aphis fabae* (mâles, femelles et larves). L'observation a été réalisée **24 heures après l'introduction des larves**, et les résultats sont comme suit

- **Plante 1 :**

Le nombre initial de pucerons était estimé à **120 individus**. Après 24 heures, **45 pucerons** avaient été consommés, dont environ **25 larves**, **12 femelles** et **8 mâles**.

- **Plante 2 :**

Le nombre initial de pucerons était estimé à **110 individus**. Après 24 heures, **38 pucerons** avaient été consommés, répartis en environ **22 larves**, **10 femelles** et **6 mâles**.

III.3.4.1. Interprétation des résultats :

Les observations ont montré que chaque larve de coccinelle a consommé environ 40 à 45 pucerons en 24 heures, ce qui reflète une bonne voracité pour le troisième stade larvaire. La majorité des proies consommées étaient des larves de pucerons, suivies des femelles, tandis que les mâles ont été les moins attaqués.

Cette préférence pour les larves de pucerons peut s'expliquer par leur mobilité réduite et leur taille plus petite, les rendant plus faciles à capturer. La consommation plus faible des mâles pourrait être liée à leur mobilité plus importante, ce qui diminue leur vulnérabilité aux attaques des coccinelles.

III.4. Comparaison de l'efficacité des différents traitements testés sur *Aphis fabae* :

Extrait éthanolique de poudre de neem : a provoqué une mortalité de 100 % des pucerons dès la plus faible dose. L'action est très efficace et rapide, sans effets secondaires sur les plantes. Il s'agit d'une méthode naturelle à fort potentiel insecticide.

Purin de neem : a également entraîné une mortalité totale (100 %), mais de façon légèrement plus progressive. Quelques individus ont survécu dans les premières minutes, mais tous sont morts après une heure. Il est donc efficace, mais un peu moins rapide que l'extrait éthanolique.

Deltaméthrine : a provoqué une mortalité immédiate (100 %) dès la première heure. C'est le traitement le plus rapide, mais aussi le moins sélectif, avec des risques potentiels pour les insectes utiles comme les coccinelles.

Les larves de *Coccinella septempunctata* : ont consommé jusqu'à 14 pucerons en une heure lors des observations en laboratoire, avec une préférence marquée pour les larves de pucerons. Sur plantes de fève, chaque larve a consommé environ 40 à 45 pucerons en 24 heures, ce qui confirme leur bonne voracité et leur efficacité prédatrice. Leur action reste progressive mais active, ciblant principalement les stades jeunes des pucerons.

Discussion

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude ont mis en évidence l'efficacité significative des différentes méthodes de lutte testées contre *Aphis fabae*.

L'extrait éthanolique de poudre de neem a induit une mortalité totale (100 %) des pucerons, et ce, dès la plus faible concentration testée. Ces résultats confirment ceux rapportés par Schmutterer (1995), qui a souligné l'effet insecticide puissant des extraits de neem, principalement attribué à l'azadirachtine, un composé tétraterpénoïde qui perturbe le système hormonal des insectes, bloque leur mue et réduit leur alimentation. De même, Koul et al. (2004) ont observé une mortalité élevée (>90 %) des pucerons traités avec des extraits éthanoliques de neem, démontrant ainsi son efficacité même à faible dose.

Concernant le purin de neem, l'étude a montré une mortalité très élevée (85–100 %) selon les stades et concentrations. Ces résultats rejoignent ceux obtenus par Martinez (2002), qui a mis en évidence une activité insecticide importante des préparations aqueuses fermentées de neem contre divers ravageurs, bien que leur efficacité puisse parfois être inférieure à celle des extraits concentrés. Dans la présente étude, l'efficacité du purin a été comparable à celle de l'extrait éthanolique, ce qui souligne son intérêt en agriculture biologique pour réduire le recours aux produits chimiques.

La Deltaméthrine a entraîné une mortalité totale (100 %) des pucerons dès la première heure d'exposition. Ce résultat est conforme aux travaux de Tomlin (2009), qui décrit la Deltaméthrine comme un pyréthrianoïde de synthèse à effet choc rapide, agissant sur le système nerveux des insectes et provoquant une paralysie immédiate. Cependant, bien que son efficacité soit incontestable, son usage intensif est connu pour favoriser l'apparition de résistances chez de nombreuses espèces de pucerons (Bass et al., 2014) et engendrer des effets négatifs sur les insectes non-cibles et l'environnement (FAO, 2021).

Enfin, l'étude de la lutte biologique par *Coccinella septempunctata* a révélé une voracité importante, avec une consommation moyenne de 40 à 45 pucerons par larve en 24 heures, préférentiellement des larves de pucerons, suivies des femelles, les mâles étant moins attaqués. Ces observations corroborent celles de Hodek et Honěk (1996), qui ont souligné la capacité prédatrice élevée de *C. septempunctata*, en particulier au troisième stade larvaire. Selon Obrycki et Kring (1998), cette préférence pour les stades jeunes s'explique par leur moindre mobilité et leur taille réduite, facilitant la capture et la

manipulation. Par ailleurs, la consommation plus faible des mâles observée dans cette étude pourrait être liée à leur mobilité plus importante, comme le suggèrent Dixon (2000) et Kindlmann et Dixon (1999), réduisant ainsi leur vulnérabilité aux attaques des coccinelles.

Ces résultats soulignent l'intérêt d'intégrer la lutte biologique par les coccinelles à des stratégies de gestion intégrée, en complément des bio-insecticides comme le neem, afin de limiter l'usage des insecticides chimiques et leurs impacts environnementaux. L'association de ces différentes méthodes de lutte constitue une approche durable et respectueuse de l'environnement pour la protection des cultures contre *Aphis fabae*.



Conclusion



Conclusion

Ce travail a permis de comparer l'efficacité de différentes méthodes de lutte contre *Aphis fabae*, un ravageur majeur de la fève. Les résultats ont montré que les trois traitements phytosanitaires testés — l'extrait éthanolique de graines de neem (160 mg/ml), le purin de neem (25 mg/ml) et la Deltaméthrine (0,01 mg/ml) — ont tous entraîné une mortalité totale (100 %) des pucerons, même à faible dose. La Deltaméthrine a agi immédiatement, tandis que les extraits de neem ont été efficaces en moins d'une heure, sans effets visibles néfastes sur les plantes.

Par ailleurs, les larves de *Coccinella septempunctata* au troisième stade larvaire ont consommé jusqu'à 14 pucerons en une heure en laboratoire, avec une préférence marquée pour les larves de pucerons. Sur plantes de fève, chaque larve a consommé environ 40 à 45 pucerons en 24 heures, confirmant leur bonne voracité et leur efficacité en tant qu'agent de lutte biologique. Leur action, bien que progressive, reste active et sélective, ciblant principalement les jeunes stades de pucerons.

Ces résultats confirment que des alternatives naturelles comme le neem, associées à la lutte biologique par *C. septempunctata*, peuvent offrir une efficacité comparable à celle des produits chimiques, tout en présentant l'avantage majeur de réduire les risques environnementaux et la toxicité pour les auxiliaires de cultures. L'intégration de ces méthodes dans une stratégie de lutte intégrée apparaît ainsi comme une solution durable et respectueuse de l'environnement pour la protection des cultures de fève contre *Aphis fabae*.



Références



Liste des références

- 1) **Abbes Zahra, Kharrat Mohamed, Simier Véronique & Chaïbi Walid, 2010.** Identification of resistance sources to broomrape (*Orobancha crenata* Forsk.) in Tunisian faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm. *Crop Protection*, 29(6): 671-676.
- 2) **Abbott W.S., 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*.
- 3) **Anonyme, 1995.** Liste des espèces animales non domestiques protégées en Algérie. *Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire*, n°36, 8 juin 1995.
- 4) **Aribi Nawal, Bouzenna Hakim, Krimat Feriel & Balti Rafik, 2020.** Neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss): An overview of its phytochemistry and pharmacological properties. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*.
- 5) **Azzi Rachida & Brahimi Noureddine, 2020.** Contribution à l'étude bioécologique de *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) dans la région de Tizi Ouzou (Algérie). *Algerian Journal of Natural Products*.
- 6) **Bass C., Puinean A.M., Zimmer C.T., Denholm I., Field L.M., Foster S.P., Gutbrod O., Nauen R., Slater R. & Williamson M.S., 2014.** The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*.
- 7) **Ben Halima-Kamel Malika, Ben Hamouda Mohamed Hedi & Jemâa Jamel Mohamed Ben, 2011.** Effet des températures sur la durée du cycle de développement de *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Tunisian Journal of Plant Protection*.
- 8) **Benelli Giovanni, Pavela Roman, Canale Angelo, Mehlhorn Heinz & Al-Sarar Ahmed, 2017.** The neem (*Azadirachta indica* A. Juss) as a potential source of bioinsecticides: current status and future perspectives. *Industrial Crops and Products*.
- 9) **Benge Michael, 1989.** *Neem: The village pharmacy*. Published by the National Academy Press, Washington DC.
- 10) **Benoufella-Kitous Nadia, 2015.** Étude bioécologique de *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) et évaluation de son efficacité comme agent de lutte biologique contre les pucerons. Thèse de Doctorat, Université de Tizi-Ouzou, Algérie.
- 11) **Blackman Roger L. & Eastop Victor F., 2000.** *Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide*. 2nd edition. Wiley, Chichester, 476 p.
- 12) **Butterworth John H. & Morgan Edward D., 1968.** Isolation of a feeding inhibitor for locusts from the neem tree. *Nature*.
- 13) **Butterworth John H. & Morgan Edward D., 1972.** Isolation of a substance that suppresses feeding in locusts. *Chemical Communications* (London).
- 14) **Chaux Christian & Foury Claude, 1994.** *Productions légumières : Tome 2. Légumes feuilles et légumes fruits*. TEC & DOC – Lavoisier, Paris.
- 15) **Clausen Curtis A., 1940.** *Entomophagous Insects*. McGraw-Hill Book Company, New York.

- 16) **Cubero J.I., 1974.** On the evolution of *Vicia faba* L. Theoretical and Applied Genetics.
- 17) **Dedryver Charles-Antoine, Le Ralec Agnès & Fabre Frédéric, 2010.** The conflicting relationships between aphids and men: a review of aphid damage and control strategies. *Comptes Rendus Biologies*.
- 18) **Dixon A.F.G., 1998.** Aphid Ecology: An optimization approach. 2nd edition. Chapman & Hall, London.
- 19) **Dixon A.F.G., 2000.** Insect predator-prey dynamics: ladybird beetles and biological control. Cambridge University Press, Cambridge.
- 20) **Duc Gérard, 1997.** Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*.
- 21) **FAO, 2012.** FAOSTAT Statistical Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- 22) **FAO, 2021.** FAOSTAT Statistical Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- 23) **FAOSTAT, 2014.** FAOSTAT Statistical Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- 24) **Ferrero Andrea, 2009.** Rice pesticides management: The challenge of chemical pollution prevention. *Paddy and Water Environment*.
- 25) **Finney D.J., 1971.** Probit Analysis. 3rd edition, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- 26) **Fraval André, 2006.** Les pucerons et leurs dégâts. In : *Encyclopédie Environnement*, INRAE, Paris.
- 27) **Fredon France, 2008.** Fiche technique – Pucerons des cultures légumières. Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles, France.
- 28) **Gherida Ameer & Goetz Stephan, 2014.** *Azadirachta indica* (neem tree) in Algeria: adaptation, growth and use. *African Journal of Agricultural Research*.
- 29) **Govindachari Tr S., Suresh G. & Gopalakrishnan G., 1990.** Neem oil limonoids. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*.
- 30) **Grassé Pierre-Paul & Doumenc Didier, 1998.** *Traité de Zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie. Tome X(3). Insectes : Développement et Métamorphoses.* Masson, Paris.
- 31) **Grassé Pierre-Paul, 1995.** *Traité de Zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie. Tome X. Insectes : Morphologie, reproduction.* Masson, Paris.
- 32) **Hanelt Peter & Mettin Dieter, 1989.** Biosystematics of the genus *Vicia* L. (Leguminosae). *Feddes Repertorium*.
- 33) **Harmel Nicolas, Létocart Elodie, Giordanengo Philippe, Mazzucchelli Gérard, Guillonnet François, De Pauw Edouard, Haubruge Eric & Francis Fabrice, 2008.** Identification of aphid salivary proteins: a proteomic investigation of *Myzus persicae*. *Insect Molecular Biology*.
- 34) **Hodek I. & Evans E.W., 2012.** Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae). Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- 35) **Hodek I. & Honěk A., 1996.** Ecology of Coccinellidae. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- 36) **Hullé Mickaël, Chaubet Bénédicte, Turpeau Emmanuelle & Harrington Richard, 1999.** Aphids of the principal crops in France. INRA Editions, Paris.
- 37) **Iablokoff-Khanzorian Sophia M., 1982.** Les coccinelles, Coleoptera - Coccinellidae. Éditions Boubee, Paris.
- 38) **Iperti Georges & Brun Jean, 1961.** Étude biologique de *Coccinella septempunctata* L. et *Adalia bipunctata* L. Annales des Épiphyties, INRA.
- 39) **Iperti Georges & Brun Jean, 1968.** Contribution à l'étude biologique et écologique des coccinelles aphidiphages dans le sud-est de la France. Annales de Zoologie – Écologie Animale, INRA.
- 40) **Iperti Georges & Brun Jean, 1982.** Les coccinelles et leur utilisation en lutte biologique. Revue de Zoologie Agricole et de Pathologie Végétale.
- 41) **Jourdheuil Pierre, 1979.** Biologie et écologie des pucerons : Incidences sur la lutte intégrée. INRA, Versailles.
- 42) **Jussieu Adrien-Henri de, 1830.** *Azadirachta indica* A. Juss. In : De Candolle A.P., *Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis*, Vol. 1. Treuttel et Würtz, Paris.
- 43) **Kharrat Mohamed, 2002.** Orobanche problems in faba bean in Tunisia: Integrated control measures. In: Proceedings of the 5th International Conference of Parasitic Weeds, 2002, Nairobi, Kenya.
- 44) **Kharrat Mohamed, Halila Mohamed H., Link Wolfgang & Hofman Fritz, 2002.** Orobanche species on faba bean in the Mediterranean region: problems and management. In: Proceedings of the 5th International Conference of Parasitic Weeds, Nairobi, Kenya.
- 45) **Kindlmann P. & Dixon A.F.G., 1999.** Generation time ratios - determinants of prey abundance in insect predator-prey interactions. *Biological Control*, 16(2): 133-138.
- 46) **Koul O., Walia S. & Dhaliwal G.S., 2004.** Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopesticides International*.
- 47) **Kraus Wolfgang, Bokel Manfred, Grimminger Werner, Klenk Alexander & Bokel Ulrike, 1985a,b, 1986, 1987.** Studies on the structure of azadirachtin and related compounds. *Journal of Chemical Ecology*, vol. 11-13 (selon année), divers articles.
- 48) **Lafond J., 2000.** Morphologie et physiologie des légumineuses. Université Laval, Département de phytologie, Québec, Canada.
- 49) **Le Bohec Berthe, Chauvel Guy & Dedryver Charles-Antoine, 1981.** Les pucerons des grandes cultures. Institut Technique des Céréales et des Fourrages (ITCF), Paris.
- 50) **Linnaeus Carl, 1758.** *Systema Naturae per Regna Tria Naturae, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis*. 10th Edition, Vol. 1, Laurentii Salvii, Stockholm.
- 51) **Lucas Eric, 1993.** Les coccinelles : biologie, écologie et utilisation en lutte biologique. *Phytoprotection*.
- 52) **Martinez S., 2002.** Le neem: l'arbre aux mille vertus. CTA, Wageningen, Pays-Bas.
- 53) **McGavin George C., 2000.** *Insects, Spiders and Other Terrestrial Arthropods*. Dorling Kindersley Handbooks, London.

- 54) **Messiaen Claude M., Blancard Didier, Rouxel Thierry, Lafon Rémy & Lemaire Jean-Marc, 1991.** Principales maladies des plantes cultivées. Tome 1 : Maladies des céréales et des légumineuses. Editions TEC & DOC – Lavoisier, Paris.
- 55) **Mordue (Luntz) Alan J. & Nisbet Alasdair J., 2005.** Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: Its action against insects. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil.
- 56) **Mordue (Luntz) Andrew J. & Nisbet Alasdair J., 2005.** Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. An. Soc. Entomol. Brasil.
- 57) **Morgan Edward D. & Thornton Mary P., 1973.** Azadirachtin in *Melia azedarach*. Phytochemistry.
- 58) **Morgan Eric D., 2009.** Azadirachtin, a scientific gold mine. Bioorganic & Medicinal Chemistry.
- 59) **National Research Council, 1992.** Neem: A Tree for Solving Global Problems. National Academy Press, Washington, DC.
- 60) **Obrycki J.J. & Kring T.J., 1998.** Predaceous Coccinellidae in biological control. Annual Review of Entomology.
- 61) **Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB), 1971.** Méthodes de lutte biologique contre les ravageurs des cultures. OILB, Paris.
- 62) **Pöhlh Harald, 1985.** Azadirachtin: New aspects of its structure elucidation. Zeitschrift für Naturforschung C..
- 63) **Poland Therese M., Haack Robert A., Petrice Trevor R. & Bauer Leah S., 2016.** Azadirachtin-based bioinsecticides for managing wood-boring insects. Journal of Economic Entomology.
- 64) **Puri Harsh, 1999.** Neem: The Divine Tree *Azadirachta indica*. Harwood Academic Publishers, Amsterdam.
- 65) **Rabasse Jean M., 1979.** Elimination des pucerons par élévation thermique en serres légumières. Phytoma-La Défense des Végétaux.
- 66) **Remaudière Georges & Seco Fernandez Maria M., 1990.** Les pucerons des légumineuses vivrières en Afrique du Nord. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin.
- 67) **Remboldt Hans, 1989.** Recent advances in chemistry of neem constituents. Journal of Applied Entomology.
- 68) **Remboldt Hans, Sieber Hans & Schmutterer Heinrich, 1987.** Limonoids from *Azadirachta indica*. Phytochemistry.
- 69) **Royer L., Cloutier C. & Boivin G., 2008.** Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraîchères au Québec. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), Québec.
- 70) **Saharaoui Hamid, 1994.** Étude bioécologique de *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) en Algérie. Mémoire de Magister, Université d'Alger.
- 71) **Saharaoui Hamid, 1998.** Étude biologique et écologique de *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) en Algérie. Thèse de Magister, Université d'Alger, Faculté des Sciences Biologiques.

- 72) **Saharaoui Hamid, Idir Amar & Doumandji Salah, 2001.** Cycle biologique de *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) en Algérie. African Entomology.
- 73) **Schmutterer H., 1995.** The neem tree: *Azadirachta indica* A. Juss. and other meliaceous plants: sources of unique natural products for integrated pest management, medicine, industry and other purposes. VCH, Weinheim, Germany.
- 74) **Scopoli Giovanni Antonio, 1763.** Entomologia Carniolica exhibens insecta et distributa in ordines, genera, species, varietates. Vienna: Trattner.
- 75) **Stary Petr, 1970.** Biology of Aphid Parasites (Hymenoptera, Aphidiidae) with respect to integrated control. Series Entomologica, Vol. 6, Dr W. Junk N.V., The Hague.
- 76) **Steele Kenneth P. & Wojciechowski Martin F., 2003.** Phylogenetic analyses of tribes Trifolieae and Vicieae (Fabaceae) based on three plastid markers. Systematic Botany.
- 77) **Stoddard Frederick L., Nicholas Angela H., Rubiales Diego, Thomas Jenny & Villegas-Fernández Ángel M., 2010.** Integrated pest management in faba bean. Field Crops Research.
- 78) **Tanno Kiichi I. & Willcox George, 2006.** How fast was wild wheat domesticated? Science.
- 79) **Tomlin C.D.S. (Ed.), 2009.** The Pesticide Manual: A World Compendium. 15th edition, British Crop Production Council (BCPC), Alton, UK.
- 80) **Uebel Ervin C., Sonnet Philip E. & Miller Roger W., 1979.** Isolation and identification of azadirachtin from neem seeds by high-performance liquid chromatography. Journal of Chromatography A.
- 81) **Völkl Wolfgang & Stechmann Dieter H., 1998.** Interactions between ants and aphid parasitoids: patterns and consequences for resource utilization. Oecologia.
- 82) **Wang R.Y., Ammar E.D. & Thornbury D.W., 2000.** Effects of aphid resistance in *Vicia faba* on the transmission of viruses by *Aphis fabae*. Journal of Economic Entomology.
- 83) **Watt George, 1889.** A Dictionary of the Economic Products of India. Volume 1. Government Printing, Calcutta.
- 84) **Yamasaki Robert B. & Klock Jeffrey C., 1987.** Isolation and structure of azadirachtin derivatives from neem. Journal of Chemical Ecology.

Site web:

<https://www.tomlejardinier.com>

<https://www.tomlejardinier.com>

<https://tomodori.com>

<https://www.agrifind.fr>

<https://www.greenreflex.fr>

<https://encyclopedie-pucerons.hub.inrae.fr>

<https://encyclopedie-pucerons.hub.inrae.fr>

<https://ephytia.inra.fr>

<https://www.maag-garden.ch/fr>

<https://www.pinterest.com>

<https://inpn.mnhn.fr>

<https://www.trigobert.net>

<https://www.gerbeaud.com>

<https://www.salamandre.org>

<https://www.alamyimages.fr>

<https://seedfella.com>

<https://tierrapura.org>

<https://www.alamyimages.fr>

<https://www.carlroth.com>



Annexes



Annexes

Annexe 1 : Matériel non biologique utilise sur terrain

Pots en plastique : pour la plantation des fèves.



Boîtes en plastique (Original 2025).

La terre : pour la plantation des fèves.



Plateaux remplis de terre préparés pour la stérilisation.

Transplantoir : Un transplantoir a été utilisé pour remplir les pots de terre.

Arrosoir : Utilisé pour arroser les plantes de fèves manuellement.

Coton hydrophile : La germination des graines de fèves a été réalisée sur du coton hydrophile humidifié.

Annexe 2 : Matériel non biologique utilise au laboratoire

Cage d'élevage entomologique : utilisée pour contenir des plantes et des insectes dans un environnement contrôlé. Confectionner avec un cadre et une moustiquaire pour éviter la fuite des insectes tout en permettant l'aération.

Boîtes de pétri : Des boîtes de Pétri en plastique ont été utilisées pour contenir les pucerons traités ainsi que les larves de coccinelles, permettant ainsi l'observation directe de leur voracité et l'évaluation de l'efficacité des traitements appliqués.

Flacons en verre : Des flacons en verre ont été utilisés pour contenir les différentes doses des traitements avant leur application.

Flacon pulvérisateur : Un flacon pulvérisateur a été utilisé pour appliquer les traitements de manière homogène sur les pucerons présents sur les plants de fèves et dans les boîtes de pétri.

Micropipettes : Des micropipettes à volume variable ont été utilisées afin de prélever et préparer avec exactitude les différentes concentrations des solutions expérimentales.

Bécher : utilisé pour préparer, mélanger ou chauffer des solutions.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université SAÂD DAHLAB -BLIDA -01-



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de master
Spécialité : Parasitologie

Thème du mémoire :

*Évaluation comparative de l'efficacité de la plante
de neem (Azadirachta indica), de la coccinelle à
sept points (Coccinella septempunctata) et de la
deltaméthrine contre Aphis fabae sur fèves (Vicia
faba) en conditions semi-contrôlées*

Présenté par :
MECERHED Fatma Zohra

Encadré par :
M^{dm} KARA F.Z.

Devant le jury

Présidente du jury : Monsieur BENDJOUDI D.	Professeur	USDB1
Examineur : Madame ABASSEN R. ABASSEN . R	Maître de conférences	USDB1
Encadrante : Madame KARA F.Z.	Professeure	USDB1

Année universitaire 2024/2025