

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة امحمد بوقرة بومرداس
Université M'hamed Bougara (Boumerdes)



FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire de Fin d' étude en vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Science Agronomiques

Spécialité : phytopathologie

Thème

**Application de microorganismes entomopathogène
dans la lutte biologiques contre les pucerons inféodes
aux rosacées**

Présenté par :

- Mlle. BANSIR Samia

- Mlle. BOUROUBI Meriem

Jury composé de :

- Mme AOUS. W
- Mme NEFFAH. F
- Mr KHEDAM. H
- Mr BENINAL. I

MCA
MCA
MCB
Dr

Présidente
Examinatrice
Promoteur
Co-Promoteur

Année universitaire : 2020-2021

Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide de l'encadrement de Mr Beninal Lyes, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciement s'adresse à notre co-promoteur Mr khedam Hocine pour son aide, ses conseils et son encouragement.

Nos remerciement s'adresse également à tout nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charge académiques et professionnelles.

BOUROUBI & BANSIR

Dédicace

Je rends grâce à Dieu de m'avoir donné le courage et la volonté. Ainsi que la conscience d'avoir pu terminer mes études.

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers

A ma chère mère

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés le fruit de vos innombrables sacrifices puisse dieu le très haut vous accorder santé bonheur et longue vie.

A mon cher papa

À celui qui m'a toujours appris comment réfléchir avant d'agir, à celui qui m'a soutenu tout au long de ma vie scolaire, à celui qui n'a jamais épargné un effort pour mon bien, mon cher père.

A mon chère frère : Abd Erraouf

Qui est toujours présent pour moi

*A ma chère cousine : **Sonia***

*Et bien sûr à toute la famille "**BOUROUBI** "et "**REDJAH** "*

*A ma binome **Samia** pour ses encouragements, compréhension ainsi les bons moments ensemble.*

*A tous mes amies les plus sincères : **Manel, Sihem, Bouchra, Yousra, Imene, Hind , Meriem, Damia.***

*Sans oublier **Aghiles et khalil.***

Meriem

Dédicace

*A ma très **chère mère***

Tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

*A mon très **cher père***

Pour ton soutien, ta patience, ta générosité et tes encouragements.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

*A mes chères frères et sœurs : **Samir, Amine, Naima, Mina, Nassima, Radia** pour leurs disponibilités, et leurs encouragements.*

*A toute ma famille qui m'a toujours soutenu, mes tantes, mes oncles, mes neveux et nièces : **Marwa** et **Loubna** ainsi que cousins et cousines.*

*A **Meriem** pour ses encouragements, compréhension ainsi les bons moments ensemble et la bonne ambiance dont ce travail a été réalisé.*

*A toutes mes amies en particulier : **Manel, Aghiles, Khalil.***

Je vous remercie de votre patience vous m'a aidée toujours à avancer vous êtes tous des grandes amies si gentilles.

A tous mes collègues de la promotion de Master 2 Protection des végétaux 2020-2021.

Samia

Table des matières

Introduction générale.....	01
-----------------------------------	-----------

Partie I : Analyse bibliographique

Chapitre I : La plante hôte, les rosacées fruitières

I.1. Importance de la culture fruitière.....	02
I.1.1. La production dans le monde	02
I.1.2. La production en Algérie	02
I.2. Généralités sur les arbres fruitiers.....	02
I.2.1. Les différents organes des arbres fruitiers.....	02
I.2.1.1 La partie souterraine	03
I.2.1.2 La partie aérienne	03
I.2.1.2.1 Le tronc	03
I.2.1.2.2 Les branches de charpente	03
I.2.1.2.3. Les coursonnes	03
I.2.1.2.4. Les rameaux	03
I.2.1.2.5. Les yeux	04
I.2.1.2.6. Les bourgeons	04
I.2.1.2.7. Les boutons à fruits	04
I.2.1.2.8. Les fleurs.....	04
I.3 Cycle annuel.....	04
I.3.1 Le repos végétatif	04
I.3.2 L'activité végétative	04
1.3.2.1. Le débourrement	05
I.3.2.2. Les floraisons	05
I.3.2.3. la nouaison	05
I.3.2.4. L'aoûtement des productions	05
I.3.2.5. La chute des feuilles	05
I.4. Différentes phases de vie d'un arbre	05
I.4.1 La période juvénile	05
I.4.2 La période adulte	05
I.4.3 la vieillesse	05

Chapitre II : Les Pucerons

II.1. Généralité	06
II.2. Systématique.... ..	06
II.3. Caractères morphologiques des pucerons.....	07
II.3.1. La tête.....	08
II.3.2. Le thorax.....	08
II.3.3. L'abdomen	09
II. 4. Cycle de vie	09
II.5. Les relations des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes	10
II.6. Interaction plante- pucerons.....	11
II.6.1. Dégâts causés par les pucerons.....	11
II.6.1.1. Les dégâts directs	12
II.6.1.2. Les dégâts indirects	12
II.6.1.2.1. Production de Miellat et fumagine.....	12
II.6.1.2.2. Transmission des virus phytopathogènes	12
a. Les virus circulants (persistants) ou virus de stylet.....	12
b. Les virus non circulants.....	13
c. virus persistants.....	13
d. virus semis persistants.....	13
II.7. La lutte contre les pucerons.....	13
II. 7.1. Lutte préventive.....	13
II.7.2. Lutte curative	14
II.7.2.1. Lutte chimique.....	14
II.7.2.2. La lutte biologique.....	14
II.8.La lutte biologique par les champignons entomopathogènes	14
II.9. Généralité sur les Champignons.....	15
II.9.1. Champignons entomopathogènes.....	16
II.9.2.Mode d'action	17
II.9.2.1. L'adhésion.....	17
II.9.2.2. La germination.....	18
II.9.2.3. La pénétration, multiplication et la dissémination.....	18
II.9.2.4. Les métabolites des champignons entomopathogènes.....	18

Partie II : Matériels et méthodes

II Matériels et méthodes

II.1. Présentation de la région d'étude.....	20
II.1.1. Superficies et situation géographique	20
II.1.2. Laboratoire de mycologie du CNCC	20
II.2. Caractéristiques pédologiques.....	21
II.3.Caractéristiques climatiques	21
II.3.1. Type du climat.....	21
II.3.2. Données pluviométriques et des températures	22

II.2. Matériels

II.2.1. Echantillons de feuilles infestés des pucerons.....	23
II.2.1.1. Prospection, collecte et conservation des échantillons infectés du puceron.....	23
II.2.2. Matériels végétales.....	25
II.2.2.1.Méthode d'échantillonnage et d'acheminement des matériaux d'essais au laboratoire.....	25
II.2.2.2. Conservation des échantillons.....	26
II.2.3. Autres Matériels utilisées.....	26

II.3. Méthodes

II.3.1. Identifications des pucerons.....	27
II.3.2. Préparation du milieu de culture.....	27
II.3.3. Isolement des champignons entomopathogène à partir des pucerons.....	27
II.3.4. Purification des champignons obtenus.....	28
II.4.Calcul de pourcentage de contamination des cadavres des pucerons par les champignons.....	29
II.5. Identification conventionnelle des isolats fongiques obtenus.....	29
II.5.1. Observation macroscopique.....	29
II.5.2. Observation microscopiques.....	30
II.6.Traitement statistique des données.....	30

III. Résultats et Discussions

III.1. Identifications des pucerons collectés.....	31
III.2.Obtention des isolats des champignons à partir des cadavres des pucerons.....	31
III.3.1. Calcul de pourcentage de contamination des cadavres des pucerons par les champignons.....	32
III.4. Identification conventionnelle des isolats fongiques obtenus.....	32
III.4.1. Observation macroscopique.....	32
III.4.2. Observation microscopiques.....	34
III.5. Analyses statistiques des données.....	35
- Conclusion et perspectives.....	37
- Références bibliographiques.....	38

Liste des tableaux		
Numéro de Tableau	Titre de Tableau	Numéro de Page
Tableau 01	Date de prélèvement, lieu dit, wilaya et la plante hôte des matériaux d'essais utilisés	24
Tableau 02	Pourcentage d'isolement des champignons à partir des cadavres des pucerons	32

Liste des figures		
Numéro de figure	Titre de figure	Numéro de Page
Figures 01	Morphologie d'un puceron ailé.	08
Figures 02	Cycle biologique des pucerons	10
Figures 03	Carte de la wilaya de Boumerdes et de la wilaya d'Alger montrant les zones d'échantillonnages	20
Figures 04	Pluviométries moyennes du mois de Mai dans la région Boumerdes et d'Alger	22
Figures 05	Températures moyennes du mois de Mai dans la région de Boumerdes et d'Alger	23
Figures 06	Echantillon collecté de feuille de prunier infesté du puceron à la face inférieure des limbes	24
Figures 07	Matériaux d'essais collectés dans des boîtes de Petri et pucerons conservés dans l'Ethanol	25
Figures 08	Protocole expérimentale d'isolement des champignons à partir des cadavres des pucerons.	28
Figures 09	Amas mycéliens obtenus sur milieu PDA à partir des cadavres de puceron	31
Figures 10	Aspects macroscopiques et culturels des isolats fongiques isolés	33
Figure 11	Aspects microscopiques des isolats fongiques isolés	35
Figures 12	Analyses des données par SPSS	36

Liste des abréviations	
FAOSTAT	Food and Agriculture Organization of the United Nations
CNCC	Centre National de Contrôle et de Certification des semences et plants

Introduction générale

Introduction générale :

Parmi les produits agricoles de base, les rosacées fruitières occupent une place importante dans l'alimentation de nombreux pays par les surfaces qu'elle occupe, les emplois qu'elle procure et les volumes de production qu'elle génère. Par conséquent, les flux financiers qu'elle mobilise sont considérables tant en amont qu'en aval.

Ainsi, près de 350 millions de tonnes de fruit toutes espèces confondues sont produites dans le monde, avec une superficie de 19 millions d'hectares. Cultivée dans 150 pays. Elle occupe le cinquième rang mondial des produits agricoles cultivés après le riz, le blé, le maïs et la pomme de terre (**Faostat, 2019**).

En Algérie l'avenir des vergers fruitiers est menacé par le vieillissement des vergers car 60% ont plus de 30 ans, les soins insuffisants (taille, fertilisation, irrigation), la qualité du fruit non conforme aux normes de commercialisation (poids, calibre, qualité gustative) et essentiellement les maladies et ravageurs qui peuvent affecter la récolte par le dépérissement des arbres. Il est beaucoup plus aisé d'intervenir sur le plant car une fois la plantation est réalisée, la qualité des plants utilisés devient irréversible.

Pour palier à ce problème sanitaire des arbres fruitiers, la lutte contre les ravageurs nuisibles on l'occurrence les pucerons, qui attaque ce groupe d'espèce reste le moyen le plus utilisée pour rationner les pertes des récoltes causer par cette insecte. Parmi ces moyens de lutte utilisés, la lutte chimique par utilisation des insecticides pénétrants qui par leurs utilisations répéter conduisent d'une part, à la formation des agents résistants aux insecticides et d'autre part, leur effets secondaires sur l'environnement et l'homme. Pour contourner cette situation, l'utilisation des agents microbiens tels que les champignons entomopathogène d'intérêt antagoniste pour la lutte contre les pucerons est un moyen de lutte biologique sans danger pour l'environnement est a développé.

Pour cela, l'objectif de notre travail est d'essayer d'isoler et de déterminer les champignons entomopathogènes d'intérêt à partir des cadavres des pucerons des rosacées fruitières en Algérie.

Partie I : Analyse bibliographique :

Chapitre I : La plante hôte, les rosacées fruitières :

I.1. Importance de la culture fruitière :

I.1.1. La production dans le monde :

La culture fruitière a une grande importance à travers le monde. Les pays développés fournissent 65% de la production fruitière mondiale (**Anonyme, 1994**). La production fruitière mondiale avoisinait 348 520 645 Tonnes en 2019 (**FAOSTAT, 2019**).

I.1.2. La production en Algérie :

Au cours de ces dernières années, l'arboriculture fruitière prend de plus en plus d'importance dans les programmes nationaux de développement de l'agriculture en Algérie par :

- Les fruits occupent une place importante dans l'alimentation en frais ;
- L'exportation à travers divers continents engendrant ainsi des sources de diverses conséquences ;
- L'utilisation comme matière de base dans l'agro-industrielle ;
- La mise en valeur des sols par la disponibilité des espèces et des variétés adaptables à divers terrains ;
- Et enfin, la création des postes d'emplois et la fixation de l'agriculture dans leurs secteurs géographiques.

L'arboriculture fruitière occupe une place de choix dans l'agriculture ; au lendemain de l'indépendance, le parc algérien arboricole était dominé par les agrumes, l'olivier et quelques espèces rustiques telles que le figuier et bien entendu la vigne. Les vergers arboricoles en Algérie, les superficies et la production sont présentés dans le tableau 1.

Dans le cadre de développement économique de l'Algérie, l'État a engagé divers programmes (la sélection, l'amélioration, la protection et la défense des végétaux). Parmi ces projets, le programme de la certification des plants arboricoles et viticoles.

I.2. GENERALITES SUR LES ARBRES FRUITIERS :

I.2.1. Les différents organes des arbres fruitiers :

Quels que soient les arbres, la forme est toujours constituée par deux parties principales séparées au niveau du sol par le collet.

- Partie souterraine : organes de fixation et d'absorption.
- Partie aérienne : organes de conduction et d'utilisation.

I.2.1.1 La partie souterraine :

Elle comprend l'ensemble de racines suivantes :

Racine principale : les arbres obtenus par semis en place possèdent généralement un pivot, la transplantation successive effectuée par les pépiniéristes font que ce pivot n'existe plus sur les porte-greffes multipliés par voie sexuée.

Racines secondaires et radicules ou chevelu, avec les poils absorbants. Les racines assurent la fixation du végétal au sol et la fonction nutritive (**Guitier, 1987**).

I.2.1.2 La partie aérienne :

La partie aérienne est subdivisée en trois compartiments, qui sont :

I.2.1.2.1 Le tronc :

Dont la longueur est variable, il sert de support aux charpentiers et assure la circulation de la sève. Cette double mission est parfaitement remplie quand ses diamètres sont élevés. L'arboriculteur doit faciliter le développement de gros tronc (**Guingois, 1982**).

I.2.1.2.2 Les branches de charpente :

Les branches de charpente sont en nombres variables, on distingue parfois :

- Les charpentiers principales ou mère;
- Les charpentiers secondaires ou sous mères.

Elles servent de soutien aux coursonnes chargées de fruits ; à ce titre, elles sont assez solides pour résister aux charges exceptionnelles. Les branches de charpente assurent également la circulation de la sève d'où la nécessité de les équilibrer entre elles à leurs extrémités, elles portent un rameau vigoureux ; le rameau de prolongement qui à pour mission de :

- Prolonger la branche de charpente.
- D'apporter, pendant la végétation, une importante quantité de sève brute qui irrigue tous les charpentiers.

Il joue donc le rôle de pompe aspirante (Bertaudeau, 1979 ; Guitier, 1987).

I.2.1.2.3. Les coursonnes :

Se sont de faibles ramifications sur lesquelles on trouve successivement, durant la belle saison, les bourgeons avec les feuilles, les fleurs puis les fruits ; ce sont les organes d'utilisation de la sève.

I.2.1.2.4. Les rameaux :

Pousses qui ont atteint leur développement et deviennent ligneuses, on distingue :

- Rameau gourmand : développement rapide et important d'un œil très fortement alimenté, il est indésirable ;
- Rameau à bois : développement d'un œil bien alimenté ;
- Rameau à fruits : variable avec les espèces fruitières ;
- Rameau anticipé : résultat du développement d'un œil l'année même de sa formation, en pinçant l'extrémité d'une pousse de l'année on provoque la formation d'un rameau anticipé.

I.2.1.2.5. Les yeux :

Ce sont des bourgeons sur les rameaux, on trouve généralement :

- A l'aisselle des feuilles : l'œil axillaire souvent accompagné de deux yeux rudimentaires placés de chaque côté et se sont les yeux stipulaires ;
- A son extrémité : l'œil terminal avec les hormones de croissance ;
- A sa base : dans les rides, les yeux latents sur les essences à pépins ;
- En un point quelconque de la racine ou de la partie aérienne, il peut former un œil adventif.

I.2.1.2.6. Les bourgeons :

Ce sont les jeunes pousses herbacées résultant du développement des yeux au printemps.

I.2.1.2.7. Les boutons à fruits :

Renferment les rudiments d'une ou plusieurs fleurs, c'est le résultat de la transformation des yeux placés dans les conditions favorables à cette évolution.

I.2.1.2.8. Les fleurs :

Les fleurs sont constituées par les organes protecteur et reproducteur destinés à produire le fruit avec la graine (Guigois, 1982) ; (Guitier, 1987) ; (Calvat et Guirbal, 1979 et Bretaudeau, 1980).

I.3 Cycle annuel :

Le cycle annuel des arbres constitue deux périodes distinctes :

I.3.1 Le repos végétatif :

Désigné comme période de dormance ; indispensable, il s'étend depuis la chute des feuilles jusqu'au début du débourrement, si la somme de froid hivernal est insuffisante le repos végétatif est incomplet.

I.3.2 L'activité végétative :

Elle est comprise entre le débourrement et la chute des feuilles. Elle est composée des phases suivantes :

1.3.2.1. Le débourrement :

Il se manifeste par l'éclatement des boutons et des yeux, il a lieu à des dates qui varient avec les conditions atmosphériques, les espèces et les variétés.

1.3.2.2. Les floraisons :

Avec la fécondation qui suit rapidement l'épanouissement des fleurs, la floraison peut être assurée par le propre pollen de la fleur, ou par un pollen étranger. Généralement les fleurs non fécondées tombent.

1.3.2.3. la nouaison :

C'est le premier stade de développement du fruit.

1.3.2.4. L'aoûtement des productions :

Se produit à la fin de l'été, la ramification passe à l'état ligneux, il-y-a accumulation des réserves qui permettront le débourrement au printemps suivant.

1.3.2.5. La chute des feuilles :

Elle semble être due à l'action combinée de facteurs climatiques et de substances à caractère hormonal. Dès que les feuilles sont tombées, le repos végétatif est amorcé.

1.4. Différentes phases de vie d'un arbre :

La vie d'un arbre fruitier se divise en trois périodes distinctes :

1.4.1 La période juvénile :

L'arbre est de forme charpente. Si la vigueur est grande, la fructification est pratiquement inexistante. Il forme quelques fleurs qui s'amorcent, car il y a déséquilibre entre la vigueur et la fructification. Cette période est de l'ordre 4 à 7 ans pour le poirier, 3 à 4 pour le pommier et 2 à 4 ans pour le pêcher.

1.4.2 La période adulte :

Cette période est dite de production ; l'arbre étant équilibré et la vigueur modérée. La fructification est régulière, c'est la phase la plus intéressante.

Sa durée approximative est de 20 à 80 ans pour le poirier, 20 à 60 ans pour le pommier et 8 à 10 ans pour le pêcher.

1.4.3 la vieillesse :

Un déséquilibre se produit entre l'activité des racines et la partie aérienne. Il se traduit par un manque de vigueur, la production est très abondante en fruits d'un calibre réduit (Guingois, 1982 et Guitiers 1988).

CHAPITRE II : LES PUCERONS

II.1. Généralité :

Les pucerons ou aphides constituent un groupe d'insectes extrêmement répandus dans le monde (Hullé et *al.*, 1998). C'est dans les zones tempérées que l'api faune est plus diversifiées (Ortiz-Rivas et *al.*, 2004) . Alors que ces insectes sont rares dans les régions tropicales et subtropicales (Dedryver et *al.*,2010 ; Peccoud et *al.*, 2010).

Les pucerons sont apparus, il y a environ 280 millions d'années et leur diversification est concomitante avec la radiation des angiospermes (Bonnemain, 2010). Ils ont colonisé la plupart des plantes à fleurs mais aussi les résineux, quelques fougères et mousse (Turpeau-Ait Ighil et *al.*, 2010). La plupart sont inféodés à une seule espèce végétale mais certaines font preuve d'une polyphagie étendue (Fraval, 2006). Les pucerons sont un sérieux problème en agriculture malgré le fait qu'ils forment un petit groupe (Dedryver et *al.*, 2010), près de 250 espèces sont de sérieux ravageurs des cultures et des forêts (Illuz, 2011).

II.2. Systématique :

Les aphides ou pucerons sont classés dans le Super-ordre des hémiptéroïdes, ils appartiennent à l'ordre des hémiptères au sous-ordre des Aphidinae, et à la super-famille des Aphidoidea (Fraval., 2006). Cette dernière se subdivise en deux grandes familles qui sont les chermisidae et les aphididae. Les chermisidae sont divisée en huit sous familles ; celles des Telaxidae, des Pemphigidae, des Lachnidae, des Chaitoridae, des Callaphididae, des Aphididae, des Adelgidae et des Phylloxeridae (Bonnemaison, 1962).

La famille des Aphididae est divisée en trois sous-familles, celles des Blatichaitophorinae, des Pterocommatinae et des Aphidinae. Les espèces de cette dernière sont réparties entre deux tribus, les Aphidini et les Macrosiphini (Ortiz-Rivas et Martinez-torres,2010).

Blackman et Eastop (2007) rapportent que la sous-famille des Aphidinae est la plus grande et contient une proportion élevée de pucerons se nourrissant de plantes herbacées. Selon Cœur d'acier et al. (2007), les pucerons plus nuisibles appartiennent au genre *Aphis linnaeus* qui est considéré comme plus grand genre d'Aphides dans le monde.

D'après Illuz (2011), les pucerons sont classés comme suit :

- Règne : Animalia
- Phylum : Arthropode
- Classe : insecta
- Ordre : Hemiptera
- Sous-ordres : Sternorrhyncha
- Super famille : Aphidoidae
- Famille : Aphididae ;
Adelgidae ;
Eriosomatidae ;
Phylloxeridae

II.3. Caractères morphologiques des pucerons :

Les pucerons sont des insectes aux téguments mous de petite taille, ils mesurent entre 2 à 4 mm avec un corps ovale un peu aplati (Tanya, 2002). Ce dernier est partagé en trois parties bien distinctes (la tête, le thorax, et l'abdomen) (figure 1).

En général, la cuticule de l'insecte est une barrière structurellement et chimiquement complexe pour la pénétration du champignon.

L'épi-cuticule contient une protéine stable aux phénols et est couverte d'une couche cireuse contenant des acides gras, des lipides et des stérols.

La pro-cuticule contient de nombreuses fibrilles de chitine enfouies dans une matrice protéinique. Celle-ci peut représenter jusqu'à 70% du poids sec de la cuticule (Andersen, 1979).

Morphologie d'un puceron ailé

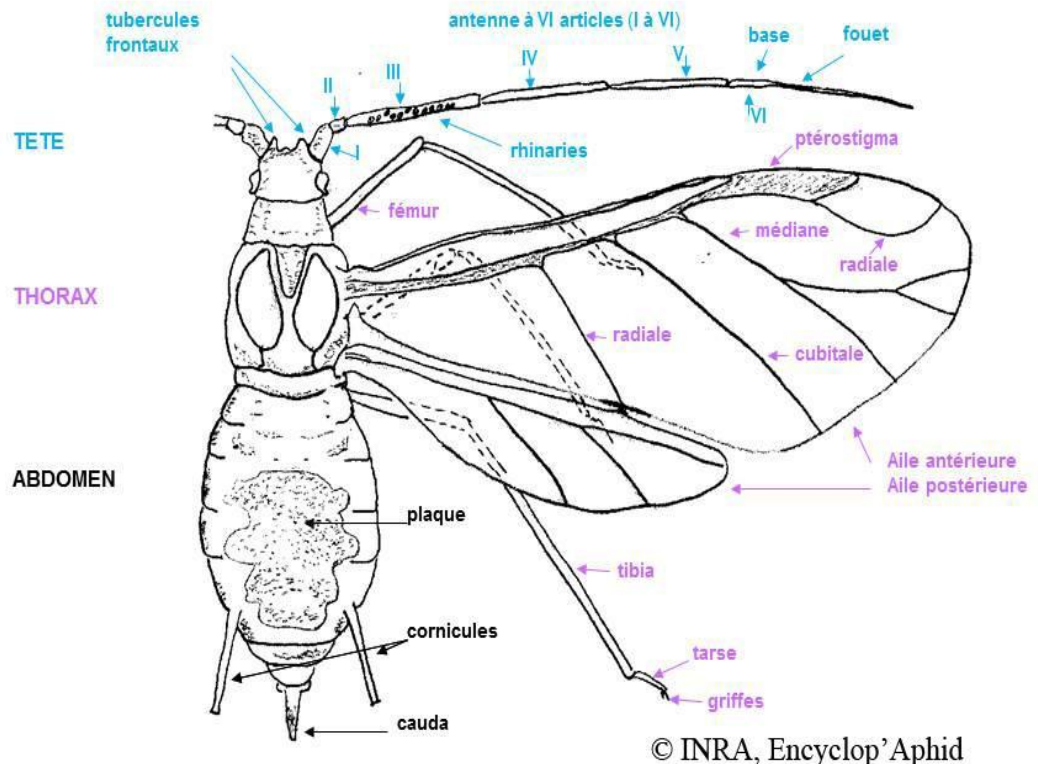


Figure 1 : Morphologie d'un puceron ailé.

II.3.1. La tête :

Généralement, elle est bien séparée du thorax chez les formes ailées, mais non chez les aptères ; elle porte deux antennes de longueur très variable de 3 à 6 articles, qui sont insérées directement sur le front ou sur les tubercules frontaux plus ou moins proéminents. Certains articles antennaires possèdent des organes sensoriels appelés les sensoria ; leur partie distale amincie et nommée fouet ou processus terminales à l'arrière de l'œil composé (Tanya, 2002 ; Fraval, 2006).

II.3.2. Le thorax :

Il comprend trois segments : le prothorax, le mésothorax, et le méthorax, il porte 3 paires de pattes et primitivement deux paires d'ailes. Cependant, chez la plupart des espèces des pucerons coexistent des formes adultes ailées et des formes adultes aptères. D'après Turpeau-Ait Ighil *et al.* (2011), chez certaines espèces, la nervation des ailes peut être caractéristique ; les ailes antérieures présentent plusieurs nervures. Ce sont toutes des nervures simples, sauf la nervure médiane qui se manifeste chez la plupart des espèces.

Selon Godin et Boivin (2002).

Cependant la nervation peut être :

- Non ramifiée ;
- Ramifiée, une seule fois ;
- Ramifiée, deux fois.

II.3.3. L'abdomen :

L'abdomen porte généralement dans sa partie postérieure une paire de cornicules (ou siphons) de forme et de longueur très variables, parfois pourvues d'une réticulation ou surmontées d'une collerette (Hullé et *al.*, 1998). Les cornicules manquent dans quelques genres et parfois même selon les formes dans une même espèce (Mondor et Roitberg , 2002).

Le dernier segment abdominal, la queue (cauda) est plus ou moins développée et de forme variable selon les espèces (Fredon, 2008).

II. 4. Cycle de vie :

Le cycle de vie des pucerons témoigne de l'étonnante plasticité adaptative de ce groupe d'insectes. Caractères qui contribuent de manière considérable à leur succès en tant que ravageurs des plantes.

1. Les pucerons peuvent être divisés en deux groupes en fonction de leur cycle de vie :

Les espèces dites monoeciques qui se nourrissent sur les espèces de plantes Vivaces ou Herbacées tout au long de l'année.

2. Les espèces dites dioeciques ou hétéroeciques qui, au cours de leur cycle biologique, migrent d'un hôte primaire (souvent des plantes ligneuses, en hiver) vers une ou plusieurs espèces secondaires (telles des plantes herbacées durant l'été) (Dixon, 1998).

Seulement environ 10% des espèces de pucerons sont dioeciques (Eastop, 1986), mais certaines d'entre elles, comme *Aphis fabae* et *Myzus persicae* se retrouvent en abondance dans la nature. La migration des colonies de pucerons d'une plante hôte à l'autre est facilitée par la production de formes ailées à la fin du printemps et durant l'automne.

Au cours d'un cycle annuel de vie, les pucerons d'une même espèce, voire d'un même clone peuvent compter de nombreuses formes ou morphes. Ces différents morphes coexistent dans une colonie de pucerons et les différences que l'on observe entre elles peuvent avoir une origine génétique ou être induites par les conditions environnementales (figure 2) (Eaton, 2009).

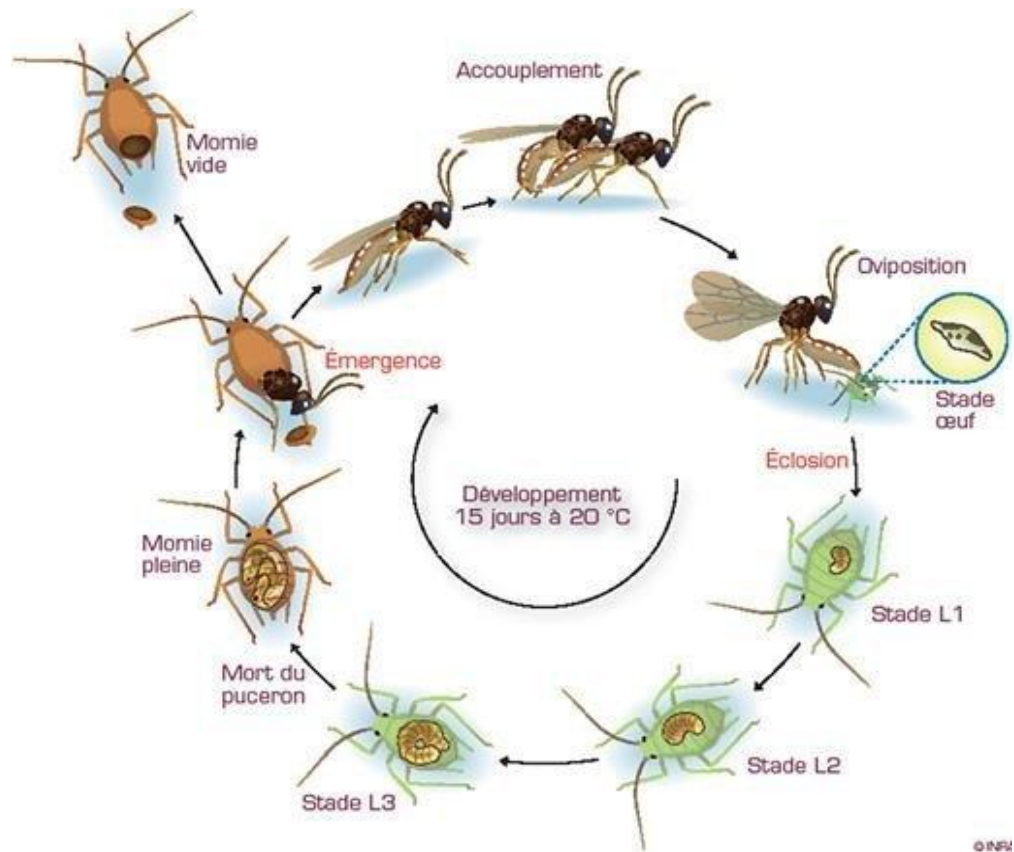


Figure 2 : Cycle biologique des pucerons

II.5. Les relations des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes :

Le régime phytophage chez les insectes est peu répandu. Sur les 25 taxons d'arthropodes terrestres. Seulement 10 d'entre eux ont évolué vers la phytophage partielle ou complète. S'alimenter de plantes nécessite différentes adaptations à plusieurs niveaux, comme par exemple, l'habileté à surmonter les défenses chimiques et physiques (ex. poils) des plantes. La proportion des différents acides aminés varie grandement entre les tissus des insectes et ceux des plantes (Strong et *al.*, 1994). Les végétaux sont pauvres en acides aminés azotés et en lipides. Cette différence entre les insectes et leur ressource alimentaire se reflète dans la faible biomasse assimilée et transformée en tissus de croissance. Des études ont démontré que seulement 2 à 38% de la matière végétale ingérée par un insecte est efficacement transformée.

Malgré l'obstacle évident que représente la déficience en azote, les insectes ont développé une série de comportement et d'adaptations physiologiques pour augmenter au maximum l'assimilation de matières provenant des plantes. Certains groupes d'insectes, comme les Isoptères et les curculionidae, vivent en symbiose avec des microorganismes qui digèrent la cellulose et la rendent as-

similable. D'autres s'alimentent de parties des plantes contenant le plus d'azote (Strong et *al.*, 1994).

Les insectes phytophages n'ont pas tous le même type de relation avec leurs plantes hôtes. Certains insectes sont polyphages, d'autres oligophages ou monophages. La polyphagie chez les insectes se définit comme étant la capacité des insectes à s'alimenter sur une grande variété d'ordre de plantes et parfois même de plusieurs classes (Jollivet, 1992 et 1998).

L'oligophagie représente la relation qui existe entre les plantes d'une même famille et certains insectes. De plus, les insectes qui s'alimentent de plantes de groupes complètement différents au cours des stades successifs de leur vie sont aussi oligophages. Par exemple, certains lépidoptères du genre *Coleophora*, qui, au stade larvaire, ne s'alimentent que de plantes du genre *Labiatae*, puis à l'automne migrent sur des herbacées de différentes espèces (Jollivet, 1992).

Les insectes qui, autant au stade larvaire qu'au stade adulte s'alimentent d'une seule espèce de plante sont dit monophages. La polyphagie semble avoir été le type le plus primitif de relation trophique des insectes avec leurs plantes hôtes. L'oligophagie et la monophagie seraient apparues suite au développement graduel de mutations restrictives et d'adaptations étroites avec leurs plantes hôtes (Jollivet, 1992).

II.6. Interaction plantes- pucerons :

Les pucerons ailés sont capables de localiser leurs plantes hôtes à distance en mettant en jeu des stimuli visuels, olfactifs et gustatifs (Webster et *al.*, 2008).

Les stimuli visuels correspondent à des couleurs, les pucerons sont très sensibles à la couleur et reconnaissent la couleur des feuilles de leur plante hôte (Doring et Chittka, 2007 ; Wiwart et Sadej, 2008).

Une fois au contact de la plante, les pucerons font appel à la gustation en introduisant leurs styles dans la plante hôte jusqu'à ce que la composition de la sève soit reconnue. La gustation joue un rôle dans l'acceptation de la plante par le puceron (Will et Vanbel, 2006 ; Guerrieri et Digilio, 2008).

II.6.1. Dégâts causés par les pucerons :

Les pucerons sont des parasites majeurs des végétaux dans le monde, avec des conséquences économiques négatives sur l'agriculture, les forêts et l'horticulture (Fournier, 2010). Ils peuvent causer de graves pertes aux plantes cultivées (Qubbaj et *al.*, 2004). D'après Christelle (2007) et Eaton (2009), Les pertes que causent les pucerons sont de deux types, il y a les dégâts directs et les dégâts indirects

II.6.1.1. Les dégâts directs :

Le puceron est un des ravageurs majeurs des cultures. Ils posent de nombreux problèmes sur les cultures par les dégâts causés. La perforation des tissus végétaux blesse la plante, en réaction à cette agression on observe souvent une modification des tissus végétaux comme l'enroulement des feuilles colonisées qui réduit la surface photosynthétique et finalement induit une baisse de rendement. L'exploitation de la sève et l'injection de salive toxique affaiblissent la plante (Miles, 1968 ; Miles, 1989).

II.6.1.2. Les dégâts indirects :

Les dégâts indirects des pucerons sont essentiellement de deux ordres.

II.6.1.2.1. Production de Miellat et fumagine :

Les produits sont assimilés à la digestion de la sève, riche en sucre, ils sont éjectés sur la plante sous forme de miellat. Cette substance peut contrarier l'activité photosynthétique de la plante soit directement en bouchant les stomates, soit indirectement en favorisant le développement de champignons saprophytes. Ceux-ci provoquent des fumagines qui entravent la respiration et l'assimilation chlorophyllienne ou souillent les parties consommables (fruits par exemple) et les rendent ainsi impropres à la commercialisation (Christelle, 2007 ; Giordanengo et *al.*, 2010).

II.6.1.2.2. Transmission des virus phytopathogènes :

Les pucerons sont également des vecteurs de virus de plantes. L'injection de salive est également à l'origine de la transmission de maladies virales ou parasitaires. Les pucerons constituent ainsi le plus important groupe d'insectes vecteurs de virus phytopathogène, en transmettant au moins 275 virus (Rabatel, 2011).

a. Les virus circulants (persistants) ou virus de stylet :

Les virus transmis selon ce mode sont transportés de façon interne, mais jamais ils ne se répliquent durant leur passage dans le milieu intérieur du vecteur. Ils doivent traverser différentes barrières membranaires : au niveau du tube digestif pour entrer, et des glandes salivaires pour sortir de leur vecteur. Le virus ingéré avec la sève phloémique lors de la prise de nourriture du vecteur traverse les cellules épithéliales de l'intestin vers l'hémocèle (phase d'acquisition) et se diffuse dans l'hémolymphe jusqu'aux glandes salivaires. Il traverse les cellules de ces glandes, et est in-

jecté dans la plante hôte avec la salive lors d'une nouvelle piqûre (phase d'inoculation) (Hébrard et al., 1999 ; Brault et *al.*, 2010).

b. Les virus non circulants :

Les virus non circulants sont acquis et transmis au cours des piqûres brèves ; des piqûres d'une durée de cinq secondes suffisent mais les meilleurs résultats sont obtenus pour des durées comprises entre 15 et 60 secondes. Si la durée de la période d'acquisition augmente, ces virus peuvent être transmis immédiatement après qu'ils ont été acquis, sans qu'une période de latence soit nécessaire, mais le puceron ne demeure pas longtemps infectieux seulement quelques minutes après avoir rencontré une plante saine. Ce type de virus regroupe les virus semi-persistants (Raccah et Fereres, 2009).

c. Virus non persistants :

Selon Raccah et Fereres (2009), les virus de ce type sont acquis par les pucerons dans les tissus libériens en même temps que la sève prélevée pour leur alimentation. Le temps requis pour atteindre le liber varie naturellement selon les espèces aphidiennes. Il est fréquemment d'une demi-heure et excède une heure le plus souvent.

d. Virus semi-persistants :

Ces virus ne peuvent généralement pas être acquis au cours de piqûres brèves mais au contraire les chances de transmission augmentent parallèlement avec la longueur de la durée de la période d'acquisition. Il semble que ce type de virus adhère à l'intérieur du canal alimentaire où il s'accumule puis il est relâché progressivement où il s'accumule puis il est relâché (Braulet et *al.*, 2010).

II.7. La lutte contre les pucerons :

Le niveau des populations de pucerons dans les cultures est extrêmement variable d'une année à l'autre et peut évoluer très rapidement au sein d'une même culture. Il dépend bien sûr des capacités reproductives propres aux différentes espèces mais aussi de facteurs extérieurs dépendant de l'environnement physique et biologique. Ces facteurs peuvent être très nombreux, ce qui explique les différences rencontrées dans les tentatives de modélisation de leur influence sur le développement des populations de pucerons (Hullé et *al.*, 1999).

II. 7.1. Lutte préventive :

Elles ont pour but d'éviter la propagation du parasite et d'éliminer les sources de contamination.

Elle se fait par :

- Un contrôle des végétaux aux frontières pour éviter l'introduction de nouvelles populations sur un territoire.
- L'installation de brise-vent afin de minimiser le risque de dissémination par le vent (Wang et *al.*, 2000 ; Lambert, 2005).

II.7.2. Lutte curative :

II.7.2.1. 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).

Selon Hullé et *al* (1999), les principes de la lutte chimique sont :

- L'empêchement d'acquisition du virus lors de piqûres d'essai par l'utilisation d'huiles végétales non phytotoxiques.
- Le choix des produits : ils doivent être avant tout sélectifs afin de préserver la faune utile. Ces produits doivent aussi être dotés d'un effet de choc élevé, et d'une bonne rémanence, en plus ils doivent appartenir à des familles chimiques différentes afin d'éviter ou de retarder le phénomène de résistance. Il est préférable que le choix porte sur des produits systémiques qui touchent même les pucerons protégés par l'enroulement des feuilles.

II.7.2.2. La lutte biologique :

D'après l'organisation internationale de la lutte biologique contre les animaux et les plantes nuisibles Hautier (2003) ; Lambert (2005) et Maisonhaute (2009), la lutte biologique est l'utilisation des organismes vivants (insectes, bactéries, nématodes,...) ou de leurs dérivés pour contrôler les populations de nuisibles et empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés aux cultures.

II.8. La lutte biologique par les champignons entomopathogènes :

Les champignons pathogènes d'insectes occupent une place particulière en pathologie des invertébrés et dans la recherche d'organismes capables de réguler les pullulations d'invertébrés nuisibles, en santé végétale, humaine ou animale.

Néanmoins, ces champignons bien qu'efficaces ont souvent une activité très dépendante des conditions environnementales notamment climatiques (Ferron et *al.*, 1991 ; Lacey et *al.*, 1996).

Le facteur climatique peut être extrêmement limitant dans le développement des entomomycoses et présente dans ce cas un véritable obstacle à leur utilisation en lutte microbiologique, en particulier dans le cadre d'un développement agricole durable.

Paradoxalement, les études jusqu'alors développées se sont surtout penchées sur des aspects plutôt éco-pathologiques et morphologiques. Elles ont négligé ou se sont peu intéressées aux contraintes climatiques par exemple à travers des approches écologiques ou génétiques. La dépendance de ces pathogènes aux contraintes climatiques est à prendre en considération dans le choix et la sélection d'isolats (myco-insecticides) à introduire dans des zones où le climat est souvent différent de celui d'où ces champignons sont originaires. Par ailleurs, une amplification des phénomènes d'émergence et de réémergence de certains bio-agresseurs est l'une des conséquences du changement climatique. Ces ravageurs invasifs présentent un haut potentiel d'adaptation à leur nouvel environnement et un remarquable pouvoir de résistance aux insecticides. Ils sont souvent mal connus par les agriculteurs des zones nouvellement infestées et mal maîtrisés par les stratégies de lutte classique employées. Ceux-ci mènent alors à un véritable contexte de crise phytosanitaire, problème d'autant plus grave quand ces ravageurs touchent à des cultures stratégiques et économiquement importantes (Ferron *et al.*, 1991 ; Lacey *et al.*, 1996).

II.9. Généralité sur les Champignons :

Les champignons (fungi ou mycètes) constituent un groupe d'organismes hétérotrophes ubiquistes, riches de quelques 120000 espèces, présentant des structures et des caractéristiques biologiques extrêmement diversifiées, adaptés au mode de vie saprophyte, parasitaire ou symbiotique (Semal *et al.*, 1993 ; Kirk *et al.*, 2001).

Les mycètes sont des microorganismes eucaryotes, thallophytes filamenteux, aérobies strictes et rarement anaérobies (Mathew, 1995 ; Tortora *et al.*, 2003), ayant un métabolisme hétérotrophe car ils tirent leur énergie de la respiration et de la fermentation des matières organiques solubles disponibles dans leur environnement (Leveau et Bouix, 1993 ; Nicklin *et al.*, 1999).

Sur le plan morphologique, le mycète est constitué d'un thalle qui forme son appareil végétatif (Hawksworth *et al.*, 1994). L'appareil végétatif se compose d'éléments de base appelé hyphe qui forme un réseau de filaments ramifiés ; le mycélium (Mathew, 1995). Chez la plupart des mycètes, les hyphes sont divisés par des cloisons, ou septa (septum au singulier) formant des unités qui ressemblent à des cellules distinctes avec un seul noyau, on les appelle alors hyphes segmentés ou septés. Dans quelques classes de mycètes, les hyphes ne contiennent pas des cloisons et ont l'aspect de longues cellules continues à noyau multiples ; ils sont appelées cénocytes (Tortora *et al.*, 2003).

Les hyphes, segmentés ou non, sont en fait de petits tubules transparents qui s'entourent d'une paroi cellulaire rigide formée de polymère de chitine et des polymères de la cellulose, éléments chimiques qui lui confèrent une grande rigidité, une longévité et une grande capacité de résistance à la chaleur et à des pressions osmotiques élevées. De ce fait, les mycètes sont donc capables de vivre dans un environnement rude (Tortora et *al.*, 2003). En effet, les mycètes se développent à pH légèrement acide (3 et 7) et à une température optimale comprise entre 20°C et 30°C, cependant certaines espèces sont psychrophiles, se développant à des températures très basses (15°C ou même parfois à 0°C (Botton et *al.*, 1990 ; Guiraud, 1998 ; Tortora et *al.*, 2003).

Comme chez les bactéries, la digestion des grosses molécules chez les mycètes doit commencer dans le milieu extérieur car seules les molécules de taille relativement petites peuvent franchir la paroi et gagner le cytoplasme (Davet, 1996). Les molécules complexes ou polymères doivent auparavant être dégradées en monomères par des enzymes excrétées ou liées à la paroi. Ces enzymes extracellulaires sont largement exploitées dans la bio-industrie (Botton et *al.*, 1990).

La plupart des champignons possèdent deux modalités de reproduction ; la reproduction asexuée et la reproduction sexuée (Semal et *al.*, 1993). La plupart des espèces sont, en effet, capables de former des spores, soit à l'intérieur de sporocystes chez les champignons inférieurs à thalle non cloisonnée, soit sur des ramifications différenciées du mycélium (conidiophores) (Davet, 1996).

II.9.1. Champignons entomopathogènes :

Le mot « champignons entomopathogène » ou « champignons qui provoquent des maladies aux insectes » est limité aux genres ou aux espèces de champignons qui peuvent être des agents pathogènes d'arthropodes tels que des insectes ou des acariens. Les premières observations sur les maladies de ces invertébrés ont été faites en Chine et la plus ancienne publication sur ce sujet remonte à 1726 avec la description de l'espèce *Cordyceps sinensis* récoltée sur des larves d'un lépidoptère (Samson et *al.*, 1998).

L'utilisation de certains de ces champignons a donné des résultats satisfaisants contre plusieurs espèces d'insectes (Yee et Lacey, 2005 ; Ekesi et *al.*, 2003). Les genres *Metarhizium* et *Beauveria* sont les plus utilisés en lutte biologique. Aussi, *Metarhizium anisopliae* a fait l'objet de nombreux travaux relatifs au mode d'infestation du champignon (Hajek et St Leger, 1994), aux mécanismes de la toxicité de l'insecte (Clarkson et Charnley, 1996) et à la pénétration des spores à travers la cuticule de l'hôte (Brooks et *al.*, 2004). Plusieurs produits phytosanitaires commerciaux destinés à la lutte contre différents types de ravageurs des cultures ont été extraits à partir de ce champignon. Ces produits sont caractérisés par la présence de toxines appelées des truxines, sécrétées essentiellement par *M. anisopliae* (Vey et *al.*, 2001).

II.9.2.Mode d'action :

Généralement, les champignons entomopathogènes tuent ou réduisent la vigueur des hôtes qu'ils infectent. Aussi ils sont plus efficaces lorsque l'insecte ciblé est préalablement affaibli par un autre facteur comme un stress nutritif. Compte tenu de leur mode de transmission et de leurs besoins abiotiques, ils sont généralement très efficaces lorsque la densité des populations d'insectes ciblés est très élevée, quoi qu'il en soit, le système immunitaire des insectes peut fortement influencer la pathogénicité de ces ennemis naturels.

La cuticule de l'insecte s'impose comme barrière structurellement et chimiquement complexe pour la pénétration du champignon (Clarkson et Charnley, 1996).

Les champignons peuvent infecter les insectes par pénétration directes à travers la cuticule (Clarkson et Charnley, 1996), au contact de la cuticule de l'insecte, la spore germe et pénètre au travers du tégument en combinant des pressions mécanique et enzymatique (St Leger, 1993). Le champignon croît rapidement dans l'hémocoèle. Les insectes sensibles au champignon meurent généralement dans un délai de 3 à 10 jours. Quand l'insecte meurt, le champignon entre dans un stade hyphal, colonise les organes internes puis sporule à la surface de l'insecte. Le cycle infectieux est généralement le même pour tous les champignons entomopathogènes, le processus de pénétration est l'étape pathogène la plus importante. Le mode d'infection des champignons entomopathogènes se divise en quatre étapes distinctes : l'adhésion, la germination, la pénétration, la multiplication et la dissémination (Ferron et *al.*, 1991).

II.9.2.1. L'adhésion :

L'adhésion est généralement assurée par les spores qui se fixent sur la cuticule au premier contact avec l'insecte. La réussite de l'infection dépend, entre autres, de la quantité de l'inoculum, des conditions climatiques et de la densité de l'hôte (Boucias et Pendland 1998). Deux types de spores peuvent assurer l'infection des insectes, les spores sèches et les spores visqueuses (Samson et *al.*, 1998). Le premier type utilise une combinaison de forces électrique et chimique pour s'adhérer à la cuticule de l'hôte (St Léger et Frank, 1992). Quant au deuxième type, il s'attache à son hôte à l'aide d'une substance visqueuse adhésive.

II.9.2.2. La germination :

La germination des spores dépend à la fois de la température et de l'humidité du milieu, ainsi que sur les substances nutritives contenues dans celles-ci (Samules et Pinnock, 1990). Après la fixation des spores sur l'hôte, ces dernières émettent un tube germinatif qui traverse les assises supérieures de l'insecte pour pénétrer à l'intérieur de celui-ci (Hong Wan, 2003). Des moyens physiques et enzymatiques facilitent la pénétration. Aussitôt pénétré, le champignon forme l'appressorium qui lui permet le prélèvement des substances nutritives nécessaire à son développement et à sa reproduction (Samson et *al.*, 1988). Cependant, il existe des champignons entomopathogènes qui ne pénètrent jamais à l'intérieur de l'hôte, mais ils forment leur appressorium sur la cuticule même et procèdent au prélèvement de la nourriture en employant une combinaison de substances enzymatiques leur permettant la dégradation de la cuticule de l'arthropode (Goettel et St Leger, 1990).

II.9.2.3. La pénétration, multiplication et la dissémination :

A l'intérieur de l'hôte, le champignon commence son développement et sa propagation dans les tissus de l'insecte. La réussite de l'attaque dépend, entre autres, de la capacité de l'entomopathogène à dépasser les mécanismes de défense employés par l'hôte (quinines et mélanines) pour faire face à cette attaque (**Latge et Monsing**). La colonisation de l'hôte dépend alors de la capacité du champignon à surmonter la réponse immunitaire ou de l'insecte à se défendre (mélanisation, réponse cellulaire, etc.). après une phase de développement du champignons dans l'hémocoel, les tissus (corps gras, tissu intestinal, tube de Malpighi) sont attaqués, provoquant l'arrêt du processus d'alimentation de l'insecte, du stade de l'insecte, de sa taille et de la température ambiante.

Il n'est pas surprenant, vu la complexité de la cuticule, que les champignons entomopathogènes aient besoin d'une série d'enzymes hydrolytiques pour assurer la pénétration cuticulaire et fournir la nourriture nécessaire à la croissance. On connaît surtout la protéase. Cette enzyme a une forte activité sur la cuticule des insectes et est la protéine prédominante produite pendant la formation de l'appressorium (St Léger et *al.*, 1993). Lorsque l'insecte meurt, le champignon sécrète un antibiotique, l'osporine, qui lui permet de surmonter la compétition des bactéries intestinales. Il s'ensuit une momification du cadavre transformé en sclérote, phase nommée saprophyte.

II.9.2.4. Les métabolites des champignons entomopathogènes :

Beaucoup de champignons et de bactéries peuvent produire des composés appelés métabolites secondaires (Demain et *al.*, 1983). Les métabolites secondaires se caractérisent par le fait que, leur production n'est pas indispensable à la croissance du micro-organisme lui-même et ils sont de

structure et d'activité biologique très diverses. Habituellement, ils sont sécrétés sous forme de mélange qui représente une structure chimique unique. (Hawksworth et *al.*, 1995 ; Boiron, 1996)

Les micro-organismes ne produisent pas leurs métabolites secondaires avant d'avoir terminé leur phase de croissance et d'avoir entamé la phase stationnaire, appelée idiophase. En effet, le métabolite secondaire peut être un produit d'un métabolite primaire du même microbe (Calvo et *al.*, 2002 ; Tortora et *al.*, 2003) qui se forme (le métabolite primaire) au moment où les cellules se divisent durant la phase de croissance logarithmique appelée trophophase (Tortora et *al.*, 2003).

Les métabolites secondaires englobent tous produits à activités antibiotiques, pharmaceutiques, immunosuppressives et toxiques (mycotoxines) (Jae-Hyuk et Keller, 2005 ; Keller et Woobok, 2005).

Chez les mycètes, la production de métabolites secondaires est un processus couplé au développement morphologique en particulier à la phase de sporulation (Hapwood, 1988 ; Mapleston et *al.*, 1992 ; Stone and Williams, 1992 ; Demain et Frang, 2000 ; Calvo et *al.*, 2002). De ce fait, les métabolites secondaires peuvent avoir certaines activités :

- 1- Métabolites qui activent la sporulation (acides linoléique et ses dérivés produit par *Aspergillus nidulans*) (Champ et *al.*, 1987 ; Champ et El-Zayat, 1989 ; Mazur et *al.*, 1991 ; Calvo et *al.*, 2002) ;
- 2- Pigments nécessaires (mélanine) pour la formation des spores sexuelles et asexuelles (Kawamura et *al.*, 1999) ;
- 3- Métabolites toxiques sécrétées par les colonies à la période approximative de la sporulation (la biosynthèse des mycotoxines) (Trail et *al.*, 1995 ; Hapwood, 1988 ; Alspaugh et *al.*, 1997) .

Ultérieurement, les métabolites secondaires peuvent.

II. Matériels et Méthodes

II.1. Présentation de la région d'étude :

II.1.1. Superficies et situation géographique :

La wilaya de Boumerdes est une ville côtière du centre d'Alger, située en Basse Kabylie, d'une superficie de 1 456,16 km² avec 100 km de profil littoral allant du cap de Boudouaou El Bahri à l'ouest, à la limite orientale de la commune d'Afir. Boumerdes est située à 45 km à l'est de la capitale Alger, à 52 km à l'ouest de Tizi Ouzou, à 25 km au nord de Bouira. La première zone prospectée est la commune de Hammadi, qui se situe dans la daïra de Khemis El Khechna. La deuxième wilaya prospectée est la wilaya d'Alger, d'une superficie de 1 190 km². La deuxième zone prospectée, c'est la commune d'El Djoumhouria, se situe dans la daïra d'Eucalyptus (figure 3).

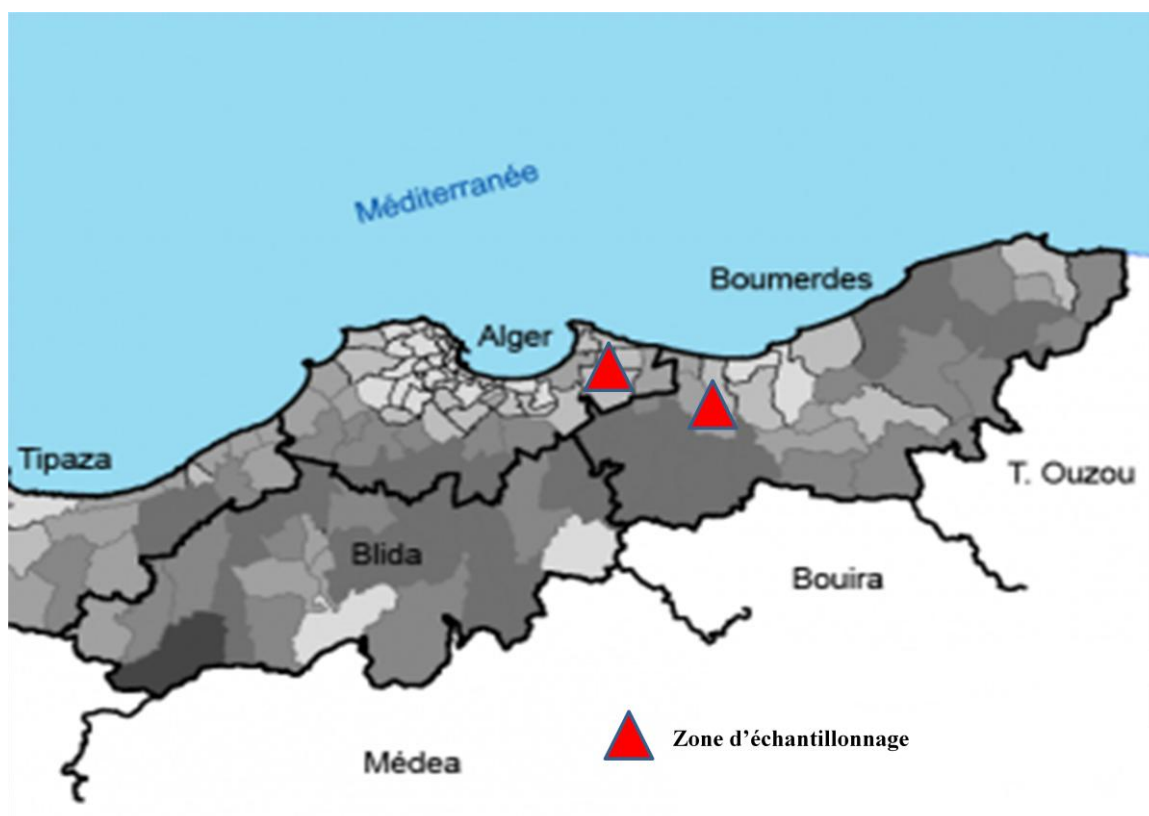


Figure 3 : Carte de la wilaya de Boumerdes et de la wilaya d'Alger montrant les zones d'échantillonnages

II.1.2. Laboratoire de mycologie du CNCC :

Nos essais microbiologiques ont été réalisés au sein de laboratoire mycologique (laboratoire central) du CNCC situé au Centre National de Contrôle et de Certification des semences et plants, qui se situe à la commune d'El-Harrach, environ 14 km à l'est d'Alger. Le Centre National de Con-

trôle et de Certification des semences et plants par abréviation C.N.C.C, est un établissement public à caractère administratif sous tutelle du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR). Créé par Décret exécutif n° 92-133 du 28 Mars 1992. Ses missions principales sont le contrôle et la certification des semences et plants, la gestion du catalogue officiel des variétés des espèces cultivées en Algérie ainsi que l'appui technique aux établissements de production des semences et plants. En matière de certification, les équipes du CNCC procède au contrôle en végétation des parcelles de multiplication des semences et plants, au contrôle en laboratoire à travers des analyses référencées permettant d'apprécier la qualité des semences et/ou plants produits et/ou importés, au contrôle des conditions de stockage et de conservation des semences et plants. Ces opérations de contrôle aboutissent à la certification des semences et plants avant leur commercialisation. Le Laboratoire Central du CNCC réalise :

- Des essais permettant d'apprécier les qualités physiques et physiologiques des semences potagères et de grandes cultures notamment les céréales autogames de production nationale en vue de leurs certification (obtention de Certificats d'Agréage Définitifs et délivrance des étiquettes officielles à apposer sur les emballages des semences présentés par les établissements producteurs agréés) et/ou d'importation.
- Des analyses phytosanitaires de tout matériel végétal de propagation des espèces de pomme de terre et d'arboriculture fruitière et de vigne.

II.2. Caractéristiques pédologiques

Les zones prospectées se caractérisent par des sols légers à texture sableux et des sols argileux et à pédoclimat frais pendant la saison pluviale.

II.3.Caractéristiques climatiques

On peut définir le climat comme un ensemble fluctuant de phénomènes météorologiques (Rogers, 2006). D'après Faurie et *al.* (2003), le climat est un facteur principal qui agit directement sur la distribution des êtres vivants et la dynamique des écosystèmes.

II.3.1. Type du climat

Les deux régions d'études se caractérisent par un climat méditerranéen, froid et humide en hiver et chaud et sec en été. Les précipitations sont faibles et irrégulières du point de vue répartition dans le temps et en quantité. Les zones situées dans l'étage bioclimatique sub-humide sont caractérisées parfois par des chutes de neige, la présence de gelées en hiver, et la présence de vent desséchant en été (sirocco) (Station météorologique de l'aéroport international de Houari Boumediene, 2021).

II.3.2. Données pluviométriques et des températures :

D'après Dreux (1980) et Ramade (1984), la pluviométrie et la température constituent des facteurs écologiques d'une importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes. Elles agissent sur le contrôle de l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère.

Les précipitations et les températures mensuelles du mois de Mai de l'année 2021, au niveau de la wilaya de Boumerdes et la wilaya d'Alger sont illustrées dans la figure 4 et la figure 5 respectivement. Ces données montrent que le mois de Mai a été caractérisé par une faible pluviométrie et des températures clémentes, favorisant ainsi l'attaque des pucerons sur les plantes.

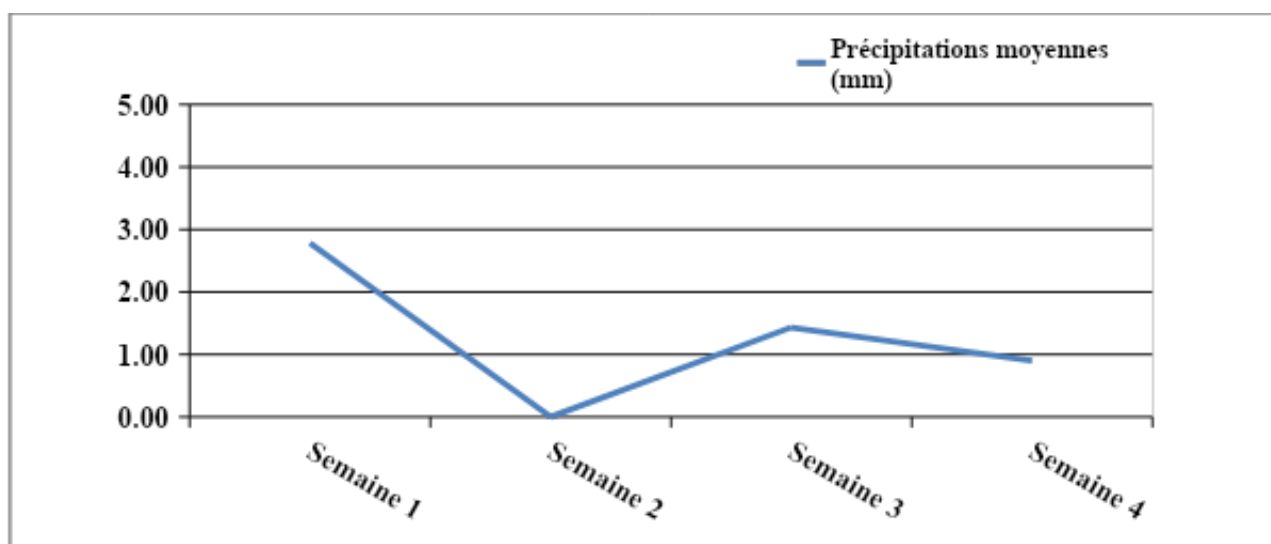


Figure 4 : Pluviométries moyennes du mois de Mai dans la région de Boumerdes et d'Alger

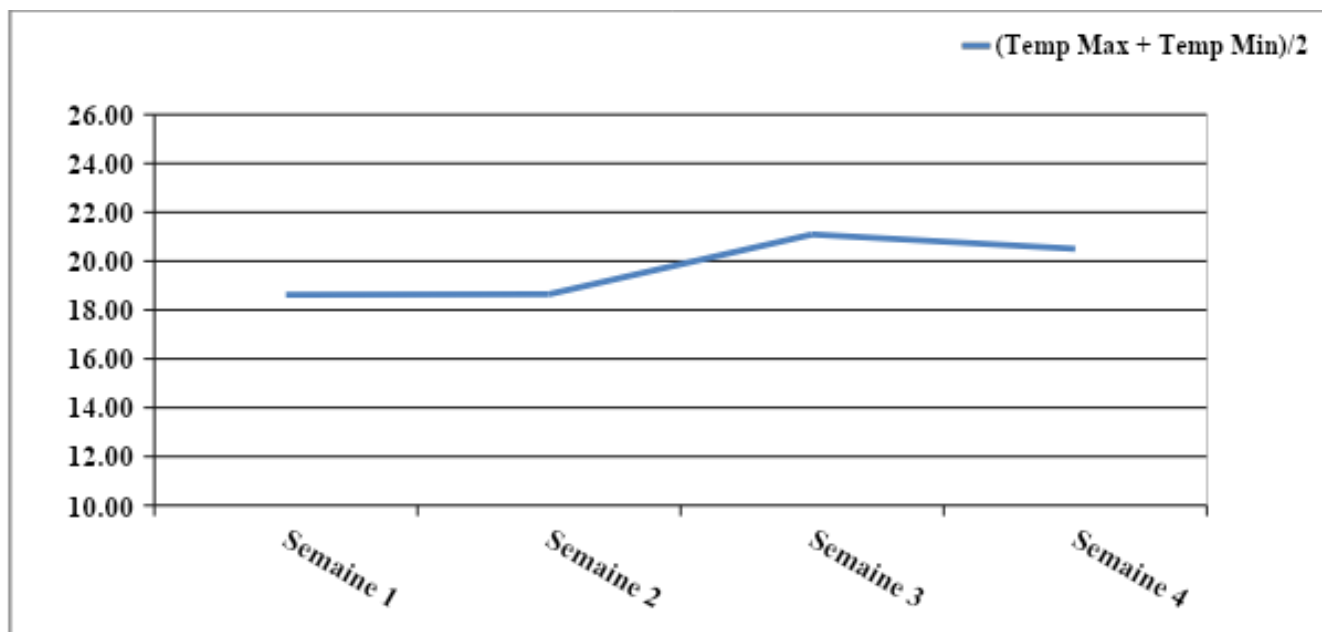


Figure 5: Températures moyennes du mois de Mai dans la région de Boumerdes et d'Alger

II.2. Matériels :

II.2.1. Échantillons de feuilles infestés des pucerons :

II.2.1.1. Prospection, collecte et conservation des échantillons infectés du puceron :

Durant le mois de Mai de la campagne agricole 2020-2021, des prospections ont été effectuées dans deux zones agricoles de la région centre d'Algérie pour collecter des échantillons de feuilles de plants des rosacées à noyaux et/ou à pépins et d'agrumes infestés du puceron (figure 6). Ces zones sont celles de la commune de Hammadi située dans la wilaya de Boumerdes et d'El Djemhouria située dans la wilaya d'Alger. Ces prospections ont touchés des vergers de production des rosacées à noyaux et/ou à pépins (tableau 1)

Tableau 1: Date de prélèvement, lieu dit, wilaya et la plante hôte des matériaux d'essais utilisés

Date de prélèvement	Lieu dit et wilaya	Plante hôte	Matériaux d'essais
08.05.2021	Hammadi (Boumerdes)	Abricotier	Feuilles + pucerons
09.05.2021	Hammadi (Boumerdes)	Prunier	Feuilles + pucerons
16.05.2021	Hammadi (Boumerdes)	Prunier	Feuilles + pucerons
22.05.2021	Hammadi (Boumerdes)	Prunier	Feuilles + pucerons
22.05.2021	Hammadi (Boumerdes)	Pommier	Feuilles + pucerons
22.05.2021	Hammadi (Boumerdes)	Agrume (Mandarinier)	Feuilles + pucerons
28.05.2021	El Djemhouria (Alger)	Pommier	Feuilles + pucerons



Figure 6: Échantillon collecté de feuille de prunier infesté du puceron à la face inférieure des limbes

II.2.2. Matériels végétales :

II.2.2.1. Méthode d'échantillonnage et d'acheminement des matériaux d'essais au laboratoire :

Pour réaliser notre étude, nous avons prospectés des périmètres agricoles de la zone d'échantillonnage connues pour l'implantation des vergers de rosacées à noyau et/ou à pépins essentiellement le pommier (*Malus domestica*), le prunier (*Prunus domestica*) et l'abricotier (*Prunus armeniaca*) et d'agrumes le mandarinier (*Citrus reticulata*). Le groupe d'espèce le plus dominant dans la zone d'échantillonnage est le prunier. Pour ce faire, nous avons prélevé des feuilles de prunier infestées de pucerons sans distinction d'âge et de couleurs. Les matériaux d'essais (feuilles et pucerons) prélevés sont mis d'une part, dans des boîtes de Pétri, marqués sur le couvercle supérieur le lieu de prélèvement, la date et le groupe d'espèces des rosacées échantillonnés. Et d'autre part, la conservation dans des contenant d'Éthanol dilué à 70°, les pucerons adultes collectés pour les identifiés. Les échantillons sont transportés au laboratoire de mycologie du CNCC et stockés à la température ambiante du laboratoire pour analyse (figure 7).



II.2.2.2. Conservation des échantillons :

Les échantillons de feuilles qui ne sont pas analysés sont conservés à 4°C, dans le réfrigérateur.

II.2.3. Autres Matériels utilisées :

Boîtes de Petri
Casserole
Verrerie
Tubes à essai et flacon
Loupe binoculaire
Micropipettes
Ethanol
Balances
Autoclave
Eau distillée
Incubateur
Hotte à flux laminaire
Bec Benzène
Hypochlorite de sodium (NaClO) à 12°
Agitateur
Scalpel, pince et ciseaux
Coton et papier filtre
Etuve pour la stérilisation de la verrerie et du papier filtre
Congélateur (pour la conservation des réactifs, et plaques
coatées) LIEBHERR
Réfrigérateur (pour la conservation des matériaux d'essais
Incubateur
Distillateur

II.3. Méthodes :

II.3.1. Identifications des pucerons :

La détermination des pucerons se base sur la morphologie des formes aptères et ailées, elle est faite par nous en présence de Mr Sahraoui à l'aide de la clé de détermination de **Remadière (1997)**. Il s'agit généralement des caractères morphologiques relativement précis à savoir :

- La pigmentation et l'ornementation de l'abdomen ;
- La forme, la couleur et la longueur du corps ;
- La forme du front et des tubercules frontaux ;
- La forme et la longueur des antennes ;
- La forme et le nombre des articles antennaire ;
- Le nombre des sensorias primaires et secondaires sur les antennes ;
- La nervation des ailes spécialement la nervure médiane et la bifurcation ;
- La forme et la longueur des cornicules ;
- La forme de la queue et le nombre des soies caudales

L'identification des pucerons se réalise selon la clé de détermination de Mr Sahraoui.

II.3.2. Préparation du milieu de culture :

Le milieu de culture utilisé dans nos essais est le milieu solide PDA (Potato Dextrose Agar), c'est un milieu organique de base le plus largement utilisé pour cultiver un grand nombre d'espèces fongiques des champignons pour de champignon (Rapilly 1991).

Le milieu de culture PDA est constitué de :

- 200 g de pomme de terre.
- 20 g de glucose.
- 20 g d'agar.

Les pommes de terre sont épluchées, coupées en tranches, mises à cuire dans 1000 ml d'eau distillée. Le filtrat de jus de pomme de terre obtenu est ajouté au glucose et l'agar.

Le volume du milieu est rapporté à 1000 ml, le tout est autoclavé à 120°C pendant 20 minutes.

II.3.3. Isolement des champignons entomopathogènes à partir des pucerons :

Les isollements des champignons entomopathogènes à partir des pucerons sont effectués selon le protocole effectué par Guesmi-Jouini et al. (2010), illustré par la figure suivante.

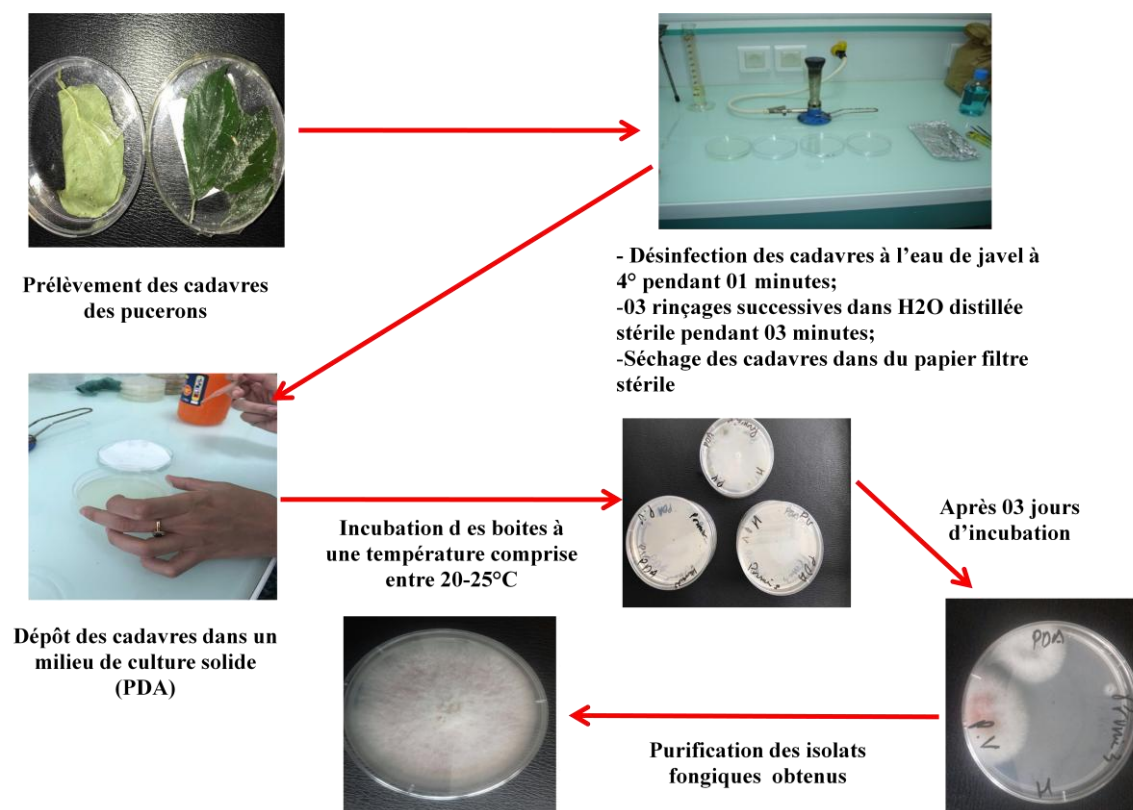


Figure 8: Protocole expérimental d'isolement des champignons à partir des cadavres des pucerons.

Des cadavres des pucerons de 1 mm de diamètre ont été désinfectés par l'hypochlorite de sodium titré à 4° pendant 01 minute puis plongés d'une manière successive ces cadavres dans 03 boîtes contenant de l'eau distillée stérile pendant 03 minutes chacune pour les rincer. Une fois séchés sur papier filtre, les cadavres sont déposés dans une boîte de Pétri contenant du milieu de culture solide à base de PDA (5 fragments par boîte) et mis à incuber dans un incubateur à une température comprise entre 20 et 25°C.

II.3.4. Purification des champignons obtenus :

La purification des isolats fongiques obtenus se fait généralement par deux techniques :

- ❖ **Purification par repiquages successifs** : Dès l'apparition des jeunes colonies ayant l'aspect cultural mycélien, celles-ci sont repiquées successivement sur milieu PDA et en condition d'asepsie ou stérile.
- ❖ **Purification par culture monospore** : A partir d'une culture fongique pure, on prélève un fragment mycélien de 1 cm² qu'on met dans un tube contenant 10 ml d'eau distillée stérile et on agite. La concentration en spore de la solution est calculée à

l'aide d'une cellule Malassez. A l'aide de la formule $C_1 V_1 = C_2 V_2$, la concentration finale de la suspension de spore est ajustée à la concentration 3.10^2 spores/ ml. Puis on étale une goutte de 50 μ l à la surface d'une boîte de Pétri contenant un milieu PDA pauvre c'est-à-dire contenant 2 g de glucose. Ces boîtes sont mises en incubation à 20-25°C pendant 02 jours au minimum. Après incubation sous une lumière blanche continue, on observe sous loupe binoculaire de petites conidies en germination dont on repique une sur un milieu de culture PDA.

II.4. Calcul de pourcentage de contamination des cadavres des pucerons par les champignons :

La détermination de pourcentage de contamination des cadavres des pucerons par les champignons est très importante pour la continuation de notre essai pour orienter l'échantillonnage des espèces fruitières susceptibles d'avoir des pucerons contaminés par les champignons entomopathogènes. Pour cela, le pourcentage de contamination des cadavres par rapport au nombre a été déterminé selon la formule :

$$P C \% = \frac{(5 - NC c)}{5} \quad \times 100$$

PC = Pourcentage de contamination

5 = Nombre des cadavres dans la boîte de Pétri

NCc = Nombre de cadavre présentant un développement mycélien

II.5. Identification conventionnelle des isolats fongiques obtenus :

II.5.1. Observation macroscopique :

L'observation macroscopique est une étape très importante pour la caractérisation des espèces fongiques. Elle se fait généralement à l'œil nu ou à l'aide d'une loupe binoculaire pour voir les caractères cultureux des champignons à savoir la couleur de la colonie fongique, la présence ou l'absence des spores, la couleur et la forme des spores et la présence ou l'absence des conidiospores.

II.5.2. Observation microscopiques :

L'observation microscopique des préparations entre lame et lamelle se fait généralement par un microscope photonique à différent grossissement (X4, X10, X25 et X40) pour visualiser les différents caractères cellulaires qui peuvent être distingués entre les genres des espèces fongiques. Ces observations vont nous permettre d'identifier si possible le genre de l'espèce fongique isolé aider par la clé de détermination des champignons utilisés dans notre étude à savoir l'ILLUSTRATED GENERA IMPERFECT FUNGI (Barnett et Hunter, 1978). Les caractères cellulaires qui distinguent les champignons et quand doit on les prendre en considération, sont en générale la forme et la couleur des spores, la présence ou l'absence de mycélium coenocytique hyalin ou coloré, la présence ou l'absence de mycélium septé hyalin ou coloré et la présence ou l'absence des fructifications sexuées ou asexuées.

II.6.Traitement statistique des données :

Pour exploiter nos résultats, nous avons utilisé le programme SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*). Ce programme est le plus utilisé pour les traitements statistiques dans plusieurs domaines et à travers ce programme on peut utiliser beaucoup d'outils statistiques pour décrire et étudier les corrélations, les différences et la régression entre les facteurs étudiés.

III. Résultats et Discussions :

III.1. Identifications des pucerons collectés :

L'identification des pucerons collectés et conservés dans de l'Éthanol dilué à 70° est basée sur la morphologie des formes aptères et ailées par la clé de détermination de **Remadière (1997)**. Pour cela, trois espèces de puceron ont été identifiées à savoir pucerons : *Aphis pomi*, *Aphis atricola* et *Hyalopterus pruni* sur le pommier, l'abricotier et le prunier dont la position taxonomique et la suivantes :

- Famille : Aphididae
Sous famille : Aphidinae
Genre : Aphis
Espèces : *Aphis pomi* (De geer, 1773)
- Famille : Aphididae
Sous famille : Aphidinae
Genre : Aphis
Espèces : *Aphis atricola*
- Famille :
Sous famille :
Genre :
Espèces : *Hyalopterus pruni*.

III.2.Obtention des isolats des champignons à partir des cadavres des pucerons :

Sur les deux wilayas prospectées, nous avons pu uniquement réaliser des isolements sur quatre des six échantillons prélevés à partir de feuilles de plants de prunier de la zone de Hamadi de la wilaya de Boumerdes (figure 9).



Figure 9: Amas mycéliens obtenus sur milieu PDA à partir des cadavres de puceron

III.3.1. Calcul de pourcentage de contamination des cadavres des pucerons par les champignons :

Le taux de réussite des isollements des champignons à partir des cadavres de pucerons des feuilles de pommier, de l'abricotier et de prunier est présenté dans le tableau 5. Il est constaté que la réussite des isollements a été constatée seulement pour les cadavres de pucerons inféodés au prunier.

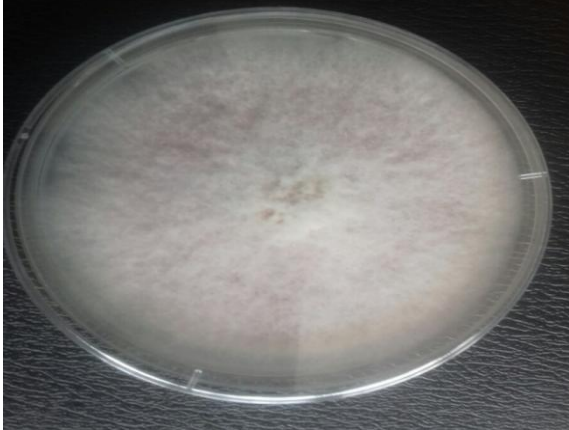
Tableau 2 : Pourcentage d'isolement des champignons à partir des cadavres des pucerons :

Wilaya	Groupe d'espèce fruitier	Organes utilisés
		Feuilles
Boumerdes	Prunier	100 %
	Abricotier	0 %
	Pommier	0 %
	Mandarinier	0 %
Alger	Pommier	0 %

III.4. Identification conventionnelle des isolats fongiques obtenus :

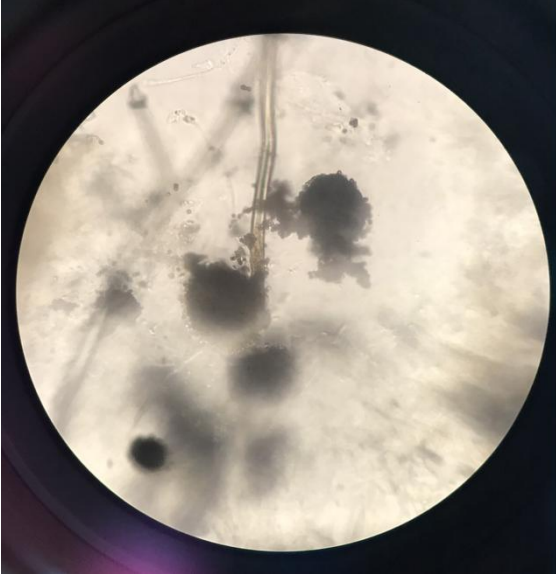
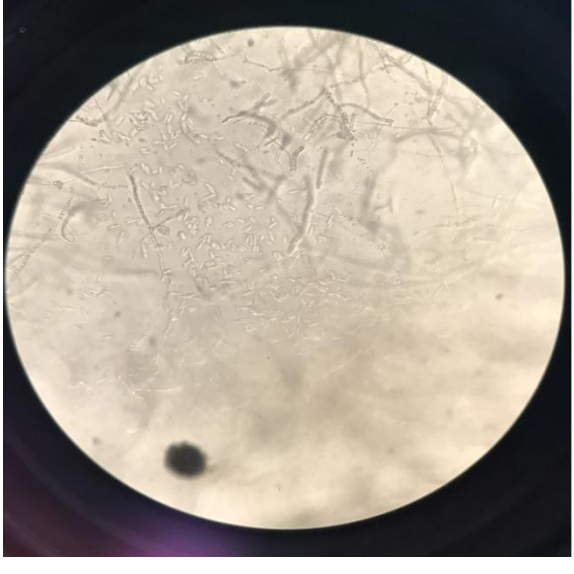
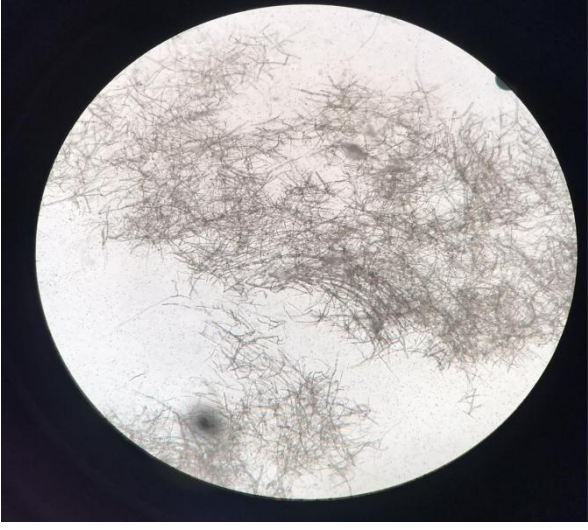
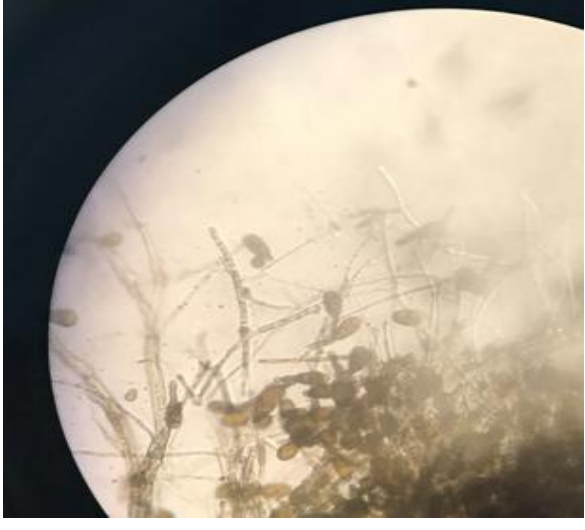
III.4.1. Observation macroscopique :

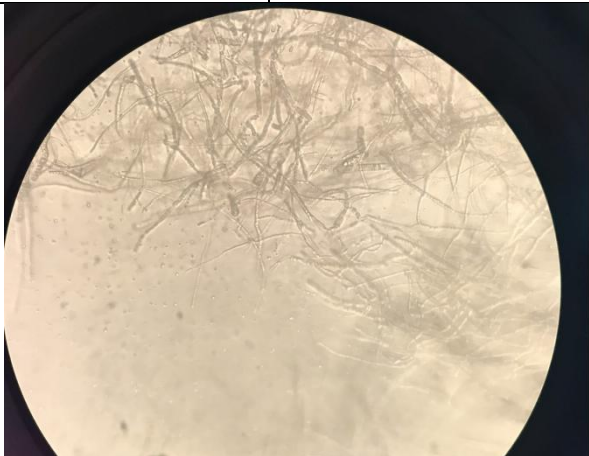
L'observation macroscopique des isolats fongiques obtenus a été faite à l'aide d'une loupe binoculaire pour voir les caractères culturels des champignons à savoir la couleur de la colonie fongique, la présence ou l'absence des spores, la couleur et la forme des spores et la présence ou l'absence des conidiospores. Pour cela, et selon la couleur de la colonie fongique et la forme des spores, nous avons pu déterminer quatre genres sur cinq espèces fongiques isolées à partir des cadavres des pucerons de prunier (figure 10).

	
<i>Mucor spp</i>	<i>Fusarium spp1</i>
	
<i>Non identifié</i>	<i>Alternaria spp</i>
	
<i>Fusarium spp2</i>	
Figure 10 : Aspects macroscopiques et cultureux des isolats fongiques isolés	

III.4.2. Observation microscopiques :

L'observation microscopique des préparations entre lame et lamelle des isolats fongiques obtenus à différents grossissement (X4, X10, X25 et X40) pour visualiser les différents caractères cellulaires qui peut distinguer entre les genres des espèces fongiques. L'exploitation de la clé de détermination des champignons de Barnett et Hunter, (1978), nous a permis de déterminer quatre genres d'espèces fongiques sur cinq espèces isolées à partir des cadavres des pucerons de prunier (figure 11).

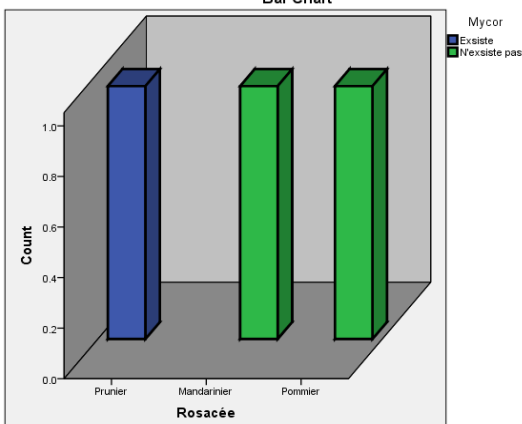
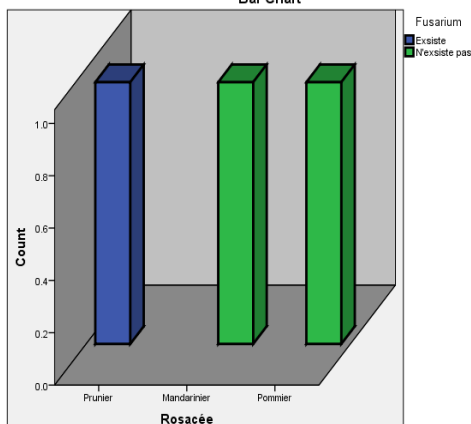
	
Sporanges et sporangiophores de <i>Mucor spp</i>	Micro-conidie de <i>Fusarium spp1</i>
	

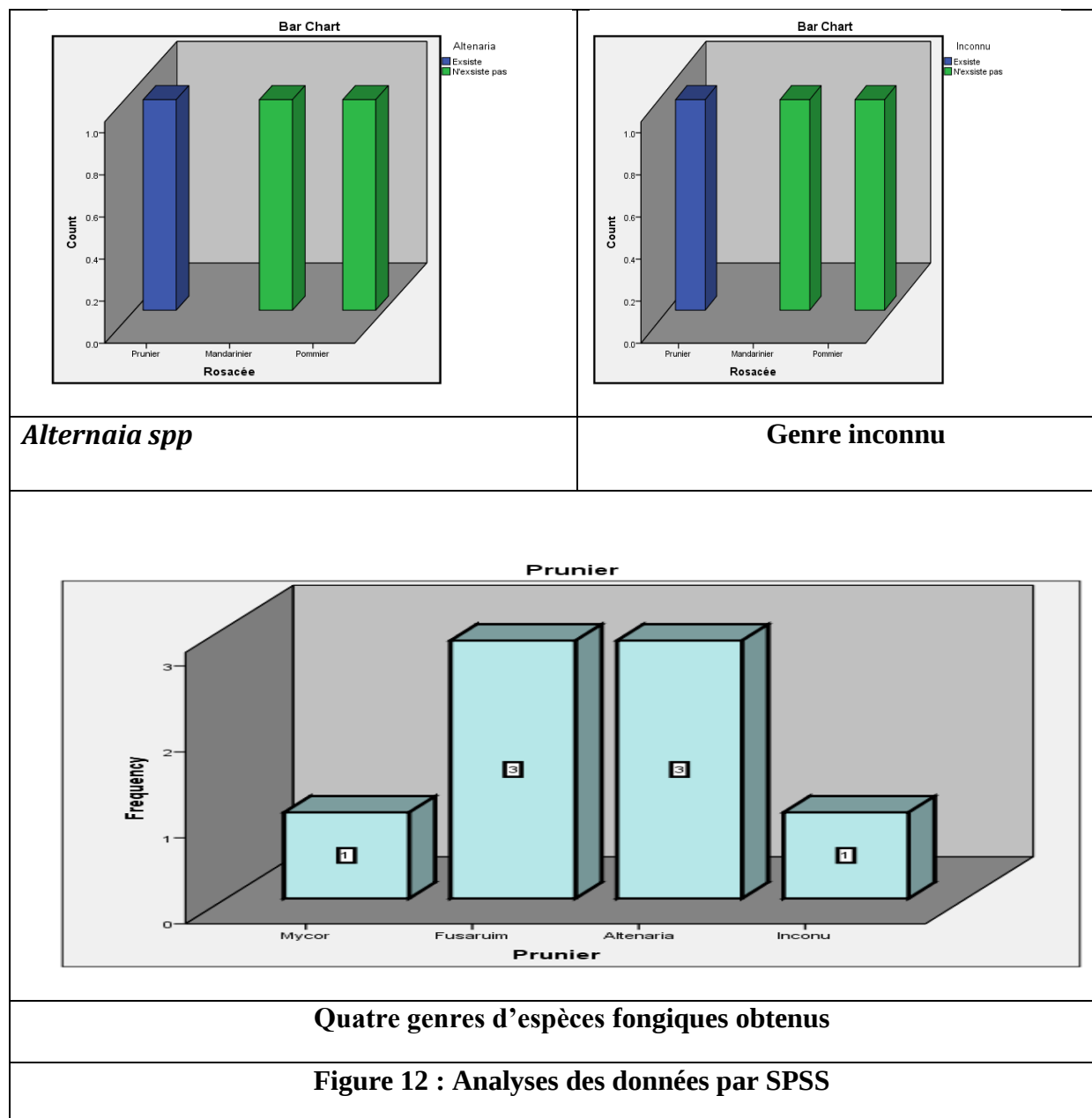
Mycélium fongique	Conidie et conidiophore d' <i>Alternaria spp</i>
	
Macros conidie de en forme de croissant de <i>Fusarium spp2</i>	
Figure 11 : Aspects microscopiques des isolats fongiques isolés	

III.5. Analyses statistiques des données :

Outils statistiques :

L'analyse statistique des données obtenues par le programme SPSS (Statistical Package for Social Sciences) a permis d'illustrer les combinaisons suivantes par genre de champignon obtenu (figure 12) :

Bar Chart  Count 1.0 0.8 0.6 0.4 0.2 0.0 Prunier Mandarinier Pommier Rosacée Mycor ■ Existe ■ N'existe pas	Bar Chart  Count 1.0 0.8 0.6 0.4 0.2 0.0 Prunier Mandarinier Pommier Rosacée Fusarium ■ Existe ■ N'existe pas
<i>Mucor spp</i>	<i>Fusarium spp</i>



Conclusion et perspectives :

A la lumière des résultats obtenus jugés d'ordre préliminaires, on peut dire que nous avons pu isoler cinq genres de champignon à partir des cadavres des pucerons inféodés au groupe d'espèce fruitier le prunier par rapport à l'abricotier, le pommier et le mandarinier. Sur ces cinq isolats, nous avons réussi à identifier trois genres d'espèces fongiques à savoir : le genre *Mucor* spp, le genre *Alternaria* spp et le genre *Fusarium* spp. Sur ces cinq isolats, deux isolats appartenant au genre de *Fusarium* spp. Ce genre d'espèce fongique a un intérêt entomopathogène contre les pucerons comme rapporté par plusieurs auteurs. Pour cela, il faut continuer cette étude pour d'une part, l'identification moléculaire de ces isolats fongiques et d'autre part, la réalisation d'un essai biologique sur ce bio-agresseur des rosacées fruitières par une contamination et/ou une inoculation artificielle à l'aide d'une suspension de spore de ces champignons isolés et identifiés au laboratoire et en plein champs.

Références bibliographiques :

- Alspaught J.A., Perfect J.R and Hatman j. 1997. **Cryptococcus neoformans mating and virulence are regulated by the G- protein Alpha subunit GPAI and Camp.** Genes.Dev.11 :3206-3217.
- Andersen, S.O. 1979. **Biochemistry of insect cuticle.** Annual Review of entomol, 24: 29-61.
- Aphis linnaeus , 1758 (Homoptera : Aphididae) **Inferred from mitochondrial DNA sequences. Molecular Phylogenetics and Evolution.** 42 : 598-611.
- Barnett H.L, Hunter B.B. 1978. **Illustrated genera of imperfect fungi.** 4th Edition
- Boiron P. 1996. **Organisation et biologie des champignons.** Edition Nathan. P: 13-69.
- Bonnemain JL.2010. **Aphids as biological models and agricultural pests.C.r. Biologies.** 333: 461-463.
- Bonnemaison. L., 1962 – **Les ennemis animaux des plantes cultivées.** Ed. S.E.P., Paris, p668.
- Botton B., Breton A., Fevre M., Gauthier S., Guy P H., Larpent J P., Reymond, Sanglier J J., Vayssier Y., Veau P. 1990. **Moisissures utiles et nuisibles importance industrielle.** 2ème édition. Masson. Collection Biotechnologies. P: 34-428.
- Boucias,D. G. et Pendland J. C. 1988. **Nonspecific factors involved in the attachment of entomopathogenic deuteromycetes to host insect cuticle.** Appl. Environ. Microbiol. 54(7): 1795-1805
- Brattsten L.B. 1979. Chapitre 5: **Biochemical defence mechanisms in herbivores against plant allelochemicals,** dans Rosenthal G.A. et Janzen D.H. 1979. Herbivores, their interaction with secondary plant metabolites. Academic Press. New York, New York. 718 p.
- Brault. V., Uzest. M., Monsion. B., Jacquot. E., & Blanc. S., 2010 - **Aphids as transport devices for plant viruses Les pucerons, un moyen de transport des virus de plante.** C. R. Biologies 333 : 525-531.
- Brooks A. J., Aquino de Muro. A, Burree E., Moore D., Taylor,M.A & Wall. R. 2004. **Growth and pathogenicity of isolates of the fungus Metarhizium anisopliae against**

- the parasitic mite, Psoroptes ovis : effects of temperature and formulation. Pest Manag. Sci., 60, 1043-1049.**
- Calvo A.M., Wilson R.A., Bock J.W and Keller N.P. 2002. **Relationship between secondary metabolism and fungal development. Microbiol.Mol.Bio.Rev. 66 :** 447-459.
 - Carrière Y. et Roitberg B.D. 1995. **Evolution of host selection behaviour in insect herbivores: genetic variation and covariation in host acceptance between population of Choristoneura rosaceana (Family: Tortricidae), the obliquebanded leafroller. Heredity. 74:357-368.**
 - Champ S.P., Raw P. and Chang A . 1987. **An endogenous inducer of sexual developement in Aspergillus nidulans .. J. Gen. Microbiol. 133 : 1383- 1388.**
 - Champ S.P and El-Zayat A.A.E. 1989. **Isolation of sexual sporulation hormone from Aspergillus nidulans. J. Bacterial . 171 : 3982-3988.**
 - Christelle. L. 2007 . **Dynamique d'un système hôte-parasitoïde en environnement spatialement hétérogène et lutte biologique Application au puceron Aphis gossypii et au parasitoïde Lysiphlebus testaceipes en serre de melons. Thèse Doctorat., Agro Paris Tech, Paris, pp 43-44.**
 - Clarkson J. M & Charnley A. K. 1996. **New insights into the mechanisms of fungal pathogenesis in insects. Trends Microbiol., 4, 197-203.**
 - Cloutier C. 1999. **Fascicule Les relations plantes-insectes dans Notes de cours. Université Laval, p 7 .**
 - Cœur d'acier A, Jousset E , Martin J-F, Rasplus J-Y. 2007. **Phylogeny of the genus**
 - Davet P. 1996. **Vie microbienne du sol et production végétales, (edn) INRA.Paris.**
 - Dedryver C A, Le Ralec A . Fabre F. (2010). **The conflicting relationships between aphids and man : A review of aphids damage and control strategies.C.R.Biologies. 333: 539-553.**
 - Demain A ., Aharowitz Y and Martin J.F. (1983). **Metabolic control of secondary biosynthetic pathway. Botechnolgy serie, 1983.**
 - Dixon A. F. G. 1998. **Aphid Ecology, Second edition edn: Chapman & Hall.domestication, xviii, p 390 .**
 - Döring TF, Chittka L. 2007. **Visual ecology a critical review on the role of colours in host linding. Arthropod. Plant interaction. 1 :3-6.**

- Eastop V. F. 1986. **Aphid plant associations**. In: Coevolution and Systematics. Edited by Stone AR, Hawksworth DL. Oxford: Clarendon Press; pp. 35-54.
- Eaton. A. 2009. **Aphids. University of New Hampshire (UNH)**. Cooperative Extension Entomology Specialist.
- Ekesi S., Maniania N. K and Lux S. A.(2003). **Effect of soil temperature and moisture on survival and infectivity to four tephritid fruit fly puparia**. J. Invertebr. Pathol., 83, 157-167.
- FAOSTAT, 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations, **Agricultural Statistics**. Available at, <http://faostat.fao.org/>.
- Ferrero. M. 2009 . **Le système tritrophique tomate tetranyques tisserands-Phytoseiulus longipes : Etude de la variabilité des comportements alimentaires du prédateur et conséquences pour la lutte biologique**. Thèse doctorat, Montpellier.
- Ferron, P., Fargues, J. et Riba, G.1991.**Les champignons agents de lutte microbiologique contre les ravageurs**. In Handbook of applied mycology, 2: 237-270.
- Feyereisen R. 1999. **Insect**, P450 Enzymes. Annual review of entomology. 44:507-533.
- Fournier. A., 2010 - **Assessing winter survival of the aphid pathogenic fungus pandoraneoaphidis and implications for conservation biological control**. Thèse Doctorat. Univ Eth Zurich.
- Fraval A . 2006. **Les pucerons** .Insectes . N . 141 : 3-8 .
- Fredon., 2008 . **Fiche technique sur les pucerons**, France.
- Futuyma D.J. 1983. Chapitre 8: **Selective factors in the evolution of host choice by phytophagous insects**, dans Ahmad S. 1983. Herbivorous insects, host seeking behavior and mechanisms. Academic Press. Orlando, Florida. 257 p.
- Giordanengo. P., Brunissen. L., Rusterucci. C., Vincent. C., Bel. A. V., Dinant. S., Gironse. C., Faucher. M., & Bonnemain. J. L., 2010 - **Compatible plant-aphid interactions: How aphids manipulate plant responses**. C. R. Biologies 333 : 516–523.
- Godin. C., & Boivin. G. 2002 . **Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraîchères au Québec**.
- Goettel, M. S. et St Leger R. J. 1990. **Pathogenicity and growth of Metarhizium anisopliae stably transformed to benomyl resistance**. Curr. Genet. 17: 129-132.

- Guesmi-Jouini J, Boughalleb-M'hamdi N, Ben Halima-K M 2010. **Etudes préliminaires sur les champignons entomopathogènes des pucerons de l'artichaut en Tunisie.** Entomologie faunistique – Faunistic Entomology 2011 (2010) 63 (3), 171-181
- Guiraud J. (1998). **Microbiologie alimentaire.** Edition Dunod, Paris. P: 8-101.
- Hajek A. E and St.leger R. J. 1994. **Interactions between fungal pathogens and insect hosts.** Ann. Rev. Entomol., 39, 293-322.
- Hapwood D.A. 1988. **Toward's and understanding of gene switching in Streptomyces, the basis of sporulation and antibiotic production.** Proc. .R. .Soc.Land B. 235: 121-138.
- Hautier. L., 2003 - **Impacts sur l'entomofaune indigène d'une coccinelle exotique utilisée en lutte biologique.** Diplôme d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement., Université Libre de Bruxelles 13 : 1-99.
- Hawksworth D.L., Kirk P.M., Sutton B. and Pegler D.N. 1995. **Dictionnary of the fungi , 8thed.** CAB.International Walling Ford. UnitedKingdom.
- Hébrard. E., Froissart. R., Louis. C., and Blanc. S. 1999 . **Les modes de transmission des virus phytopathogènes par vecteurs.** Virologie 3: 35-48.
- Hong Wan, Bruce E. Ankenman and Barry L. Nelson. 2003. **Controlled Sequential Bifurcation: a New Factor -Screening Method for Discrete- Event Simulation.** Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, December 7-10, 565-573.
- Hullé M, Turpeau E, Leclant F, Rahn M-J. 1998. **Les pucerons des arbres fruitiers : cycle biologique et activités de vol ,** INRA .Paris , pp.22-26.
- Illuz D. 2011. **The plant-aphid universe. Cellular origine ,** Life in externe habitat and astrobiolgy. 16: 91-118.
- Jae-Hyuk Y . and Keller N.P. 2005. **Regulation of secondary metabolism in filamentous fungi .** Ann. Rev. Phytopathol. 43: 437- 458.
- Janieke J. 1990. **Host specialization in phytophagous insects.** Annual reviews of ecological systems. 21:243-273.
- Jolivet P. 1992. **Insects and plants: Parallel evolution and adaptations.** Flora & Fauna handbooks. Sanhill crane press. Gainesville, Florida. 190 p.
- Jolivet P. 1998. **Interrelationship between insects and plants.** CRC Press. Boca Raton, Florida. 309 p. 12)
- Kawamura C., Tsujimoto T. and Tsug T. 1999. **Targeted dissuption of melanin biosynthesis gene effects conidial development and UV tolerance in the japeneses**

- pear pathotype of *Alternaria alternata*.** Mol. Plant. Microbe. Interact. 12: 59- 63.
- Keller N.P. and Woobok.J. 2005. **Aglobal regulatory of secondary metabolite biosynthesis in fungi** , (edn) Warfe.
 - Kirk P.M., Cannon P.F., David J.C., Egham U.K. and Stophes J.A. (2001). **Ainsworth and Bysby's Dictionnary of fungi** , 9 th edn .CABI. Bioscience.UK. Center and central Bureau Voie. Ultrech. The Net.
 - Lacey, L. A., Fransen, J. J., and Carruthers, R. I. 1996. **Global distribution of naturally occurring fungi of Bemisia, their biologies and use as biological control agents.** In: Bemisia 1995: Taxonomy, Biology, Damage, and Management' (Gerling, D. and Mayer, R., Eds.), pp. 401-433. Intercept, Andover.
 - Lambert. L. 2005. **Les pucerons dans les légumes de serre : Des bêtes de sève.** Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Québec.
 - Latge J. P. and Monsigny M. .1988. **Visualization of exocellular lectins in the entomopathogenic fungus *Conidiobolus obscurus*.** J. Histochem. Cytochem. 36: 1419-1424.
 - Leveau J.Y. and BouixM. 1993. **Les moisissures. In florent J Microbiologie industrielle. Les microorganismes d'intérêt industrielle.** (edn) Tec et Doc- Lavoisier.
 - Rapilly, F. 1991. **L'Epidémiologie en Pathologie végétale. Mycoses aériennes.** INRA Editions, Paris.
 - Sanglier J-J., Vayssier Y and Veau P. 1990. **Moisissures utiles et nuisibles,**

Résumé :

La présente étude a été effectuée dans le but d'essayer d'isoler et de déterminer les champignons entomopathogènes d'intérêt à partir des cadavres des pucerons des rosacées fruitières infestés par ces pucerons. Pour réaliser notre étude, nous avons prospectés des périmètres agricoles dans deux zones agricoles celles de la commune de Hammadi située dans la wilaya de Boumerdes et d'El Djemhouria située dans la wilaya d'Alger. Nous avons identifiés des pucerons à l'aide de la clé de détermination de Remadière (1997) et le milieu de culture utilisé dans nos essais est le milieu solide PDA (Potato Dextrose Agar). Et pour isoler les champignons entomopathogène à partir des pucerons on a utilisé le protocole effectué par Guesmi-Jouini et al (2010). Et pour identifier le genre du champignon selon les caractères microscopiques. Les résultats obtenus nous a permis d'identifier trois genres d'espèces fongiques à savoir : *Mucor* spp, *Alternaria* spp et *Fusarium* spp. Sur ces cinq isolats, deux isolats appartenants au genre de *Fusarium* spp. Ce genre d'espèce fongique a un intérêt entomopathogène contre les pucerons.

Les mots clés: Les pucerons, Les rosacée, Champignon entomopathogène.

Resume :

The present study was carried out with the aim of trying to isolate and determine the entomopathogenic fungi of interest from the cadavers of fruiting rosaceous aphids infested by these aphids.

In order to realize our studies, we surveyed agricultural perimeters in two agricultural areas, those of the commune of Hammadi located in the wilaya of Boumerdes and El Djemhouria located in the wilaya of Algiers.

We identified aphids using the determination key of Remadière (1997) and the culture medium used in our tests was the solid medium PDA (Potato Dextrose Agar).

And to isolate entomopathogenic fungi from aphids we used the protocol performed by Guesmi-Jouini et al (2010). And to identify the genus of the fungi according to the microscopic characters.

The results obtained allowed us to identify three genera of fungal species namely: *Mucor* spp, *Alternaria* spp *Fusarium* spp. these five isolates, two isolates belonged to the genus of *Fusarium* spp. This genus of fungal species has entomopathogenic interest against aphids.

Key words: aphids, rosacea, entomopathogenic fungi,

الملخص:

أجريت هذه الدراسة بهدف محاولة عزل وتحديد نوع الفطريات الممرضة للحشرات وذلك عن طريق جثث حشرات الأفيد (القرس أو المن) الموجودة بالأشجار المثمرة. ولإجراء هذه الدراسة فقد تم القيام بالتلقيب عنها في منطقتين زراعتين هما: منطقة الحمادي بولاية بومرداء ومنطقة الجمهورية بولاية الجزائر،

وقد تم التعرف على حشرات الأفيد (القرس أو المن) باستخدام مفتاح التعرف (Remadière (1997)، كما تم استخدام وسط الإستزراع PDA الصلب (Potato Dextrose Agar) للتأكد من وجود الفطريات، وكيفية نموها في حالة وجودها. ولعزل الفطريات المسببة للأمراض في حشرات الأفيد (القرس أو المن) تم استخدام البروتوكول الذي نفذه Guesmi-Jouini et al (2010).

وتم التعرف على نوع الفطريات حسب الصفات الميكروسكوبية.

سمحت نتائج هذه الدراسة بتحديد ثلاثة أنواع من الفطريات الممرضة هي: *Mucor* spp

Alternaria spp et *Fusarium* spp، إلا أن الفطر من نوع *Fusarium* spp تكرر مرتين، مع العلم أن هذا النوع له فائدة كبيرة لأنه يقضي على حشرة الأفيد (القرس أو المن)،

الكلمات المفتاحية: الأشجار المثمرة، حشرات الأفيد (القرس أو المن) الفطريات الممرضة للحشرات.