



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Thème

*Contribution à l'étude des champignons
nématophages dans la rhizosphère du citrus.*

Présenté et soutenu publiquement par :

M^{lle} Fouka Feryal

M^{lle} Ahmed Ben Ali Hind

Le 15 /07/2021

Membres du jury :

Président :	M ^r MOUSSAOUI K.	M.A.A.	U.S.D.B.1
Promotrice :	M ^{me} SABRI K.	M.A.A.	U.S.D.B.1
Co-promotrice :	M ^{me} NEBIH D.	M.C.A.	U.S.D.B.1
Examinatrice :	M ^{me} DJEMAI I.	M.C.B.	U.S.D.B.1

Année universitaire : 2020/2021 - Blida -

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Résumé

Summary

الملخص

Introduction..... 1

Première partie : Synthèses bibliographiques

Chapitre I : Les agrumes

I.1. Historique et origine des agrumes..... 3

I.2. Importance économique..... 3

I.2.1. À l'échelle mondiale..... 3

I.2.2. En Algérie..... 5

I.3. Systématique..... 5

I.4. Description et cycle de développement des agrumes..... 6

I.4.1. Description botanique..... 6

I.4.2. Cycle de développement des agrumes..... 7

I.4.2.1. Croissance végétative..... 7

I.4.2.2. Développement floral..... 8

I.4.2.3. Développement des fruits..... 8

I.5. Conditions de vie..... 9

I.5.1. Les exigences pédoclimatiques des agrumes..... 9

I.5.1.1. Température..... 9

I.5.1.2. La pluviométrie..... 9

I.5.1.3. L'humidité de l'air.....	9
I.5.1.4. Le vent.....	9
I.5.1.5. La grêle.....	9
I.5.2. Exigences édaphiques.....	10
I.6. Maladies et ravageurs.....	10
I.6.1. Les maladies des agrumes.....	10
I.6.1.1. Maladies fongiques.....	10
I.6.1.2. Maladies bactériennes.....	10
I.6.1.3. Maladies virales.....	11
I.6.2. Les ravageurs des agrumes.....	12
I.7. Les communautés des nématodes phytopages associées aux agrumes.....	15

Chapitre II : Champignons nématophages

II.1. Généralité sur les champignons nématophages.....	17
II.1.1. Les champignons piégeurs ou prédateurs.....	17
II.1.2. Les champignons endoparasites.....	17
II.1.3. Les parasites des kystes et des nématodes à galles.....	17
II.1.4. Les champignons producteurs de toxines.....	17
II.2. Mode et forme d'invasion du nématode capturé.....	18
II.3. Spécificité des champignons nématophages.....	19

Deuxième partie : Expérimentation

III. Matériel et méthodes

III.1. Objectif du travail.....	20
III.2. Présentation de la station d'étude.....	20
III.3. Matériel de travail.....	21
III.3.1. Sur terrain.....	21
III.3.2. Au laboratoire.....	21
III.4. Questionnaire.....	22

III.5. Méthodes de travail.....	22
III.5.1. Méthode d'échantillonnage.....	22
III.5.2. Les caractéristiques des sols.....	23
III.5.2.1. L'étude analytique du sol.....	23
III.5.2.1.A) L'humidité du sol.....	23
III.5.2.1.B) Analyse du pH-eau.....	23
III. 5.2.1. C) La conductivité électrique.....	23
III. 5.2.1.D) Matière organique.....	24
III.5.2.1.E) Le calcaire total.....	24
III. 5.2.1.F) Densité apparente.....	24
III.5.2.1.G) Analyse granulométrique.....	24
III. 5.3. Préparation de milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar).....	24
III. 5.4. Préparation du sol.....	25
III.5.5. Isolement de différentes espèces de champignons à partir du sol.....	25
III.6. Conditions d'incubation.....	26
III.7. Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites.....	26

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Importance du questionnaire.....	28
IV.2. Caractérisation de sol étudié.....	28
IV.3. Espèces des champignons nématophages prédateurs et parasites déterminés.....	28
IV.4. Description de différentes espèces de champignons nématophages.....	29
IV.5. Estimation des champignons nématophages.....	31
IV.5.1. Fréquence de champignons nématophages dans la zone d'étude.....	31
IV.6. Discussion.....	32
Conclusion	36
Références bibliographiques	37
Annexe	

Remerciements

Au bout de ce travail

Nous remercions de tout cœur *Mme Sabri. K* et *Mme Nebih. D* pour avoir accepté de nous encadrer et de diriger ce travail et pour leur patience, pour leurs conseils, leur confiance et pour leurs directives les plus précieuses.

Notre reconnaissance va également à *Monsieur Moussaoui* pour avoir accepté la présidence du jury de ce mémoire.

On adresse nos vifs remerciements à *Mme Djemai* d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Notre profonde gratitude va également à *Madame Amina*, technicienne du laboratoire de Zoologie et *Madame Hasina* technicienne du laboratoire de Phytopharmacie pour leur disponibilité et pour le temps consacré.

On remercie infiniment *Monsieur Walid* technicien du laboratoire de virologie et *Monsieur Saïd* technicien de laboratoire de pédologie pour leur disponibilité.

On exprime également nos remerciements à tous les enseignants du département de Biotechnologie et toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail et à tous nos camarades de la promotion.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A Ma chère mère

Aucune dédicace ne saurai exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que tu as consenti pour mon instruction et mon bien être. Je te remercie pour le soutien et l'Amour que tu me portes depuis mon enfance et j'espère que ta bénédiction m'accompagnera toujours.

A la mémoire de Mon père

*Ce travail est surtout dédié à mon père **El-Fantouche**, décédé trop tôt, qui a toujours été présent dans mon cœur et qui m'a poussé et motivé dans mes études. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours priée pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !*

A mes adorables sœurs, et mon très Cher frère

*Je souhaiterais dédier une pensée particulières à mes sœurs **Sofia** et **Yasmine**, mon frère **Ayoub**, qui ont toujours répondu présents et ont été d'un grand secours moral en toutes situations.*

*A toute la famille **Ahmed Ben Ali** et **Charfi** .*

A toutes mes amies.

*A ma binôme **Feryal** Merci pour ton amitié.*

*A toute la promo de **Phytopharmacie et protection des végétaux** 2020-2021.*

Hind

Dédicace

Je dédie ce modeste travail ;

A ma chère mère

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection. Je prie Dieu de te bénir, de te garder pour moi, et j'espère que tu seras toujours fière de moi.

A la mémoire de mon père

J'aurais souhaité ta présence en ce moment pour partager ma joie. Tu es toujours dans mon esprit et mon cœur. Que ton âme repose en paix,

A ma chère sœur Zahra

Qui a toujours été à mes côtés à chaque étape de ma vie et m'a donnée confiance en moi, merci ma sœur.

A ma chère sœur Amina et son mari Brahim et leurs petites filles Rahaf et Layane

Que Dieu vous les garde et illumine leurs chemins.

A mon cher frère Maamer.

A chaque membre de la famille Fouka petit et grand.

A toutes mes amies

A ma binôme Hind et sa famille.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet un grand merci.

Feryal

Liste des figures

Figure n°1: Arbre d'oranger (Originale, 2021) 3

Figure n°2: production mondiale en agrume (2006-2016). (F.A.O.S.T.A.T., 2019) 4

Figure n°3 : Répartition de la production mondiale des agrumes (tonnes) (F.A.O.S.T.A.T., 2019)..... 4

Figure n°4: Feuilles, fleurs et fruits d'oranger (Hama et Asloune, 2016) 7

Figure n° 5 : Présentation de site d'étude (180 m d'altitude) (Google earth, 2021) 20

Figure n°6 : Station d'échantillonnage (Originale, 2021) 22

Figure n°7 : Les différents étapes de préparation de milieu PDA (Originale, 2021) 25

Figure n°8 : Les étapes d'isolement des champignons nématophages (Originale, 2021). 26

Figure n°9 : Les différents genres de champignons nématophages (Originale, 2021)..... 30

Figure n°10 : Fréquence des champignons nématophages identifiés. 31

Figure n°11 : Préparation de sol (Originale, 2021) (Annexe)

Figure n°12 : Protocole expérimental de l'humidité (Originale, 2021) (Annexe)

Figure n°13: Protocole expérimental de ph et CE (Originale, 2021)..... (Annexe)

Figure n°14 : Protocole expérimental de Matière organique (Originale, 2021).... (Annexe)

Figure n°15 : Protocole expérimental de la densité apparente (Originale, 2021) . (Annexe)

Figure n°16 : Protocole expérimental de l'analyse granulométrique (Originale, 2021) (Annexe)

Figure n°17 : Triangle de texture du sol (Annexe)

Liste des tableaux

Tableau n°1: Les principales maladies fongiques d'agrumes (ACTA, 2008).....	10
Tableau n°2 : Les principales maladies bactériennes d'agrumes (ACTA, 2008).	11
Tableau n°3: Les principales maladies virales d'agrumes (ACTA, 2008).	12
Tableau n°4: Les ravageurs des agrumes (Biche, 2012)	12
Tableau n°5 : Résultats des analyses physico-chimiques du sol	28
Tableau n°6 : texture de sol de la station expérimentale	(Annexe)
Tableau n°7 : Classification des champignons nématophages répertoriés	(Annexe)

Liste des abréviations

ha : hectare

% : pourcentage

fig : figure

m : mètre

kg : kilogramme

°c : degré Celsius

mm : millimètre

g : gramme

km : kilomètre

h : heure

pH : potentiel hydrogène

ml : millilitre

min : minute

HCl : acide chlorhydrique

l : litre

PDA: potato dextrose agar

cm : centimètre

n° : numéro

NaF : solution de fluorure de sodium

KCl : solution de chlorure de potassium

FAO : food and agriculture organization

CO₂ : dioxyde de carbone

AgNO₃ : nitrat d'argent

KMnO₄: solution de permanganate de potassium

H₂O₂ : eau oxygénée

H₂SO₄ : acide sulfurique concentré

K₂Cr₂O₇ : solution de bichromate de potassium

Résumé :

Contribution à l'étude des champignons nématophages dans la rhizosphère du citrus.

Dans le contexte de l'infestation de culture d'agrumes par divers nématodes et principalement par *Tylenchulus semipenetrans*, notre travail a pour objectif d'inventorier les champignons nématophages (parasites et prédateurs) dans la rhizosphère du *citrus*, en fonction de quelques paramètres (analyses physiques et chimiques du sol étudié).

L'étude est réalisée dans la station expérimentale de l'université de Blida 1. Qui présente un sol argileux limoneux, riche en matière organique avec un pH légal (=7,88), ces derniers sont favorable au développement des champignons nématophages.

Nous avons pu répertorier 05 genres de champignons nématophages (prédateurs et parasites): *Arthrobotrys* ; *Stylopage* ; *Verticilium* ; *Dactylaria* et *Rhopalomyces*. Parmi ces genres, L'*Arthrobotrys* est le plus dominant avec une fréquence de 75%. Nous avons constaté que cette microflore présente une diversité, cette présence dépend de plusieurs facteurs (Matière organique, pH, humidité...).

Mots clés : Champignons nématophages, Rhizosphère, *citrus*, station expérimentale, *Arthrobotrys*, analyses pédologiques.

Abstract :

Contribution to the study of nematophagous fungi in the rhizosphere of citrus.

In the context of the infestation of citrus fruit crops by various nematodes and mainly by *Tylenchulus semipenetrans*, our work aims to inventory the nematophagous fungi (parasites and predators) in the rhizosphere of citrus, according to a few parameters (analyzes physical and chemical properties of the soil studied).

The study was carried out in the experimental station of the University of Blida 1, which presents a clay-silty soil, rich in organic matter with a low pH (7.88). The latter are favorable to the development of nematophagous fungi.

We were able to identify 05 kinds (genres) of nematophagous fungi (predators and parasites): *Arthrobotrys*; *Stylopage*; *Verticilium*; *Dactylaria* and *Rhopalomyces*. Of these kinds, *Arthrobotrys* is the most ubiquitous with a frequency of 75%. We observed that this microflora presents a diversity, this presence depends on several factors (organic matter, pH, humidity...).

Key words: Nematophagous fungi, Rhizosphere, *citrus*, the experimental station, *Arthrobotrys*, soil analyzes.

المخلص

المساهمة في دراسة فطريات الديدان الخيطية في جذر الحمضيات .

في سياق غزو محاصيل الحمضيات بمختلف الديدان الخيطية وبشكل رئيسي بواسطة *Tylenchulus semipenetrans*. يهدف عملنا إلى جرد فطريات الديدان الخيطية (الطفيلية و المفترسة) في جذر الحمضيات، اعتماداً على بعض المعلمات (التحليل الفيزيائية والكيميائية للتربة التي تمت دراستها).

أجريت الدراسة في المحطة التجريبية بجامعة سعد دحلب بليدة 1. تتميز هذه الأخيرة بتربة طينية- غرينية، غنية بالمواد العضوية وذات درجة حموضة منخفضة (7.88) مما يساعد على نمو فطريات الديدان الخيطية.

تمكنا من تحديد 05 أجناس من فطريات الديدان الخيطية (المفترسة و الطفيلية): *Stylopage ; Arthrobotrys*;

Rhopalomyces و Dactylaria; Verticilium من بين هذه الأجناس ، يعتبر *Arthrobotrys* الأكثر انتشاراً بتكرار

75%. لقد وجدنا أن هذه الكائنات الدقيقة تقدم تنوعاً، وهذا الوجود يعتمد على عدة عوامل (المادة العضوية ، درجة الحموضة ، الرطوبة ...).

الكلمات المفتاحية: فطريات الديدان الخيطية ,جذر,حمضيات (Citrus), المحطة التجريبية , *Arthrobotrys*, تحليل التربة .

Introduction

Introduction

De nos jours, Les agrumes représentent les fruits les plus consommés dans le monde, leur production dépasse 100 millions de tonnes par an. Le bassin méditerranéen produit plus du quart de la production mondiale (**Er-Raki, 2007**). La surface agrumicole algérienne s'étend sur 41.380 ha dont la plaine de la Mitidja occupe 44% de la surface (**D.S.A., 2008**). La plus grande partie de la production est utilisée dans la consommation en frais (97%) et le reste est destiné à la transformation agro-alimentaire et autre (**D.S.A., 2008**).

L'agrumiculture est sujette à diverses attaques non seulement par plusieurs types de micro-organismes pathogènes, mais aussi d'autres bio-agresseurs comme les acariens, les insectes, et les nématodes. Pratiquement aucune culture n'échappe à l'attaque d'au moins une espèce de nématode, même s'il existe des différences quantitatives importantes suivant les espèces (**Sasser et al., 1987**).

Dans la rhizosphère des *Citrus* plusieurs travaux ont signalé la présence de diverses espèces de nématodes phytophages. **Duncan (1999)**, affirme que *Tylenchulus semipenetrans*, *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae* et *Meloidogyne* spp sont considérés comme des parasites majeurs du *Citrus* vu les pertes considérables produites dans plusieurs régions du monde. Toutefois, *T.semipenetrans* selon **Verdejo-Lucas et al. (1995)** est l'espèce dominante sur *Citrus*. Elle évolue dans différents types de sol. Les prospections de **Tuset et Garcia (1986)** ; **Beringola et al. (1987)** dans les vergers d'agrumes en Espagne ont révélé que *T. semipenetrans* a été détecté dans 90% des vergers examinés. En Algérie il a été signalé par **Triki (2011)** dans différentes régions de la Mitidja. Alors que **Khiar (2014)** la détecté dans les vergers d'oranger var. « Thomson » de la région de Tizi ouzou.

Le nématode du *Citrus* (*Tylenchulus semipenetrans*) est un phytoparasite très dangereux. Il est l'agent causal de la maladie Slow décline du *Citrus*. Cette maladie est un problème universel rencontré en pépinière et dans les vergers d'agrumes. Les attaques du nématode limitent fortement la production des agrumes sous une large gamme de condition environnementale et édaphique (**Khanzada et al., 2008**).

Pour lutter contre ces nématodes la méthode la plus usité est la lutte chimique, mais aujourd'hui malheureusement, ces produits présentent de sérieux inconvénients. Ils perturbent les équilibres écologiques des milieux, polluent l'environnement, les denrées alimentaires, menacent la santé humaine et des animaux et favorisent l'apparition de souches résistantes (**Tabula et al., 2005**).

Face à cette situation, les études actuelles sont destinées à développer des méthodes alternatives (**Isman, 2006**) ; les recherches se sont orientées vers des stratégies non polluantes, parmi lesquelles la lutte biologique, cette méthode consiste en l'utilisation d'un organisme vivant ou l'un de ses dérivés comme produits de bio contrôle (**Adam, 2008**). La lutte par les microorganismes telluriques s'avère très ambitionnée et les champignons nématophages seraient le moyen le plus indiqué (**B'chir et Namouchi, 1988**).

En Algérie **Hammache, 1994 et Sabri, 2008, dans la région Algéroise (Bordj el Kiffan, Staouali)** ont réalisé un inventaire des espèces de champignons parasites et prédateurs comme résultats préliminaires pour la lutte biologique.

Dans l'objectif d'apporter des compléments de connaissances sur ce sujet que nous avons entrepris cette étude qui consiste à identifier les champignons nématophages prédateurs et parasites dans le sol agrumicole de la station expérimentale de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Blida1.

Première partie :
Synthèse bibliographique

Chapitre I

Généralité sur les agrumes

I.1. Historique et origine des agrumes

Le terme agrumes en Latin « acrimere » qui signifie aigre, sert à désigner certains fruits appartenant au genre *Citrus* tel que les oranges, les mandarines, les citrons et les pamplemousses (Loussert, 1989). (Fig. n°1). Ils sont originaires des pays asiatiques en particulier la Chine, l'Inde, la Malaisie et la Thaïlande où ils étaient cultivés il y a au moins 3000 ans (Calabrese, 2002 et Malcolm, 2006). C'est Alexandre le grand qui les a implantés en Afrique du Nord et au Moyen-Orient vers la fin du 4^{ème} siècle avant JC (Malcolm, 2006). Ils ont été également progressivement diffusés dans d'autres zones, comme les États-Unis, le Mexique, le Pérou, le Brésil, le Mozambique et l'Afrique du sud qui répondent aux conditions de la culture (C.L.A.M., 2007). Actuellement plus de huit millions d'hectares d'agrumes sont cultivés dans le monde (F.A.O.S.T.A.T., 2019).



Figure n°1: Arbre d'oranger (Originale, 2021)

I.2. Importance économique

I.2.1. A l'échelle mondiale :

La culture des agrumes a pris naissance dans les régions subtropicales du continent asiatique (C.N.C.C., 2015). La superficie totale occupée par les agrumes est évaluée à plus de 8 millions d'hectares (F.A.O.S.T.A.T., 2019) répartie sur une zone comprise entre le 40° parallèle de latitude nord et sud qui comprend 140 pays selon la Comité de Liaison de l'Agrumiculture Méditerranéenne (C.L.A.M.) en 2007 ; elle constitue la principale culture

fruitière dans le monde avec une production annuelle estimée à 146.4 millions de tonnes soit 25% de la production fruitière mondiale (F.A.O.S.T.A.T., 2019) (Fig. n°2).

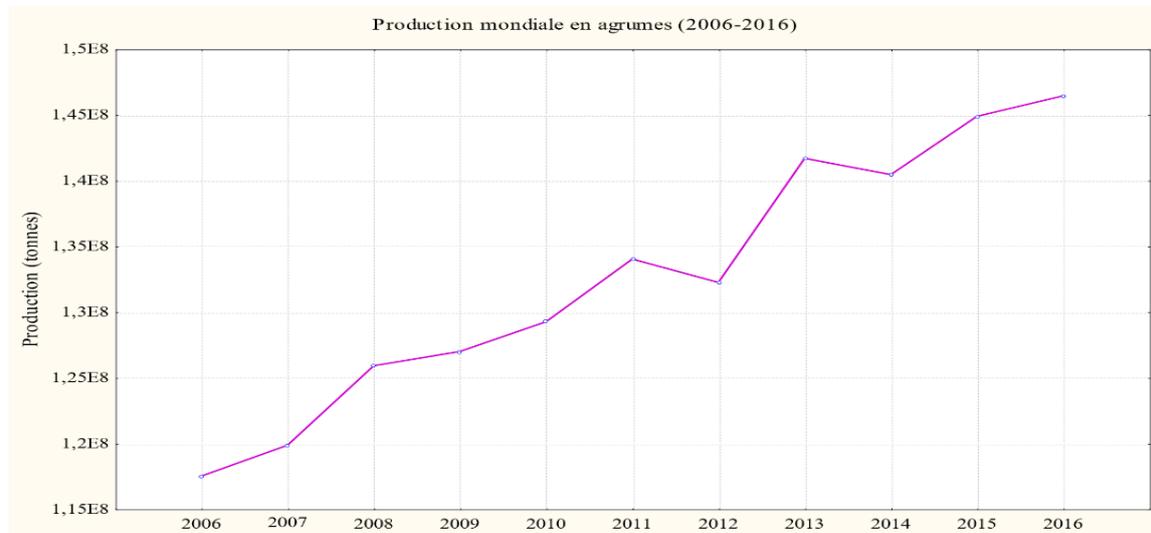


Figure n°2: production mondiale en agrume (2006-2016). (F.A.O.S.T.A.T., 2019)

Les 2/3 de la production sont fournis par le Brésil, la Chine, États-Unis et le Bassin méditerranéen (Griffon et Loeillet, 2000) (Fig. n°3). Actuellement, les productions d'agrumes (fruits frais et produits traités d'agrumes) sont réparties selon la F.A.O en quatre groupes dans le marché mondial. Il s'agit du groupe des oranges, les mandarines puis de celui des pamplemousses et pomelos, et enfin le groupe des citrons et limes. Les oranges constituent la moitié de la production des agrumes suivi du groupe des petits fruits (mandarines, clémentines et tangerines) avec plus de 22%, puis les citrons qui représentent 12%. Le reste de la production est partagé entre pamplemousses et pomélos (F.A.O.S.T.A.T., 2019).

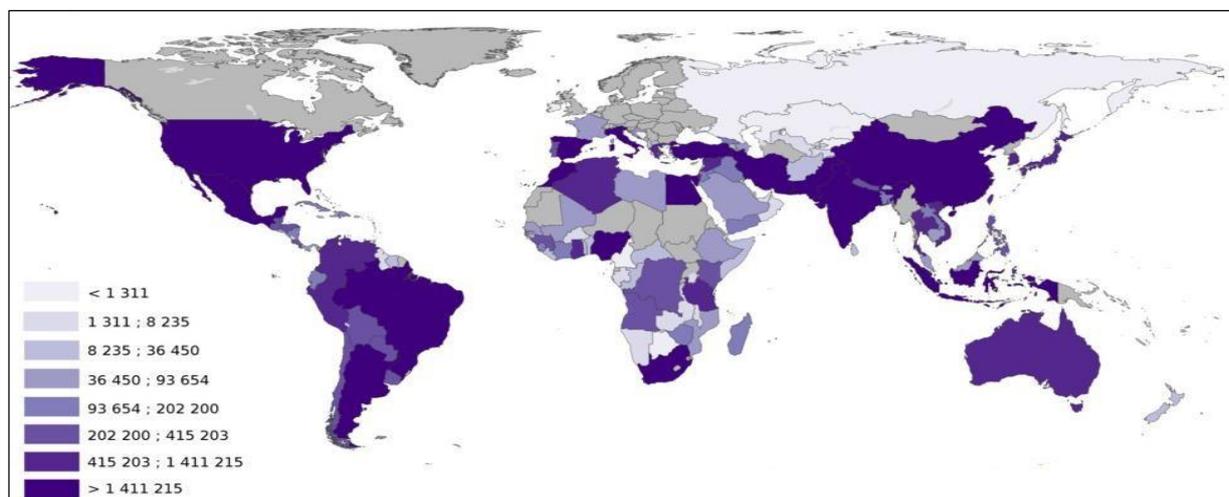


Figure n°3 : Répartition de la production mondiale des agrumes (tonnes) (F.A.O.S.T.A.T., 2019).

I.2.2. En Algérie :

Le programme Algérien de développement des agrumes occupe une place prépondérante dans la nouvelle politique agricole du pays, Considérant les vocations pédoclimatiques des différentes zones agricoles Algériennes (**Guenouni et kacemi, 2013**).

L'Algérie possède une collection variétale composée de 178 variétés d'agrumes constituant un patrimoine génétique inestimable. Dans cette partie, un aperçu est donné sur la situation de l'agrumiculture en Algérie ainsi que les perspectives futures. L'agrumiculture en Algérie occupe une superficie de 54.040 Ha, soit 11% des surfaces occupée par les arbres fruitières (**Guenouni et kacemi, 2013**). La production nationale agrumicole avait dépassé les 14 millions de quintaux en 2018, contre 7 millions de quintaux en 2010, ajoutant que l'objectif était d'atteindre 20 millions de quintaux dans les prochaines années. L'agrumiculture concerne 32 wilayas pour une superficie globale de 70.503 ha, contre 63.186 ha en 2010.

I.3. Systématique

La classification des agrumes est selon **Adjdir et Bensnoussi (2009)** comme suite :

- **Règne** : Végétal
- **Embranchement** : Spermaphyte
- **Sous embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : *Eudicotes*
- **Sous classe** : *Archichlomydeae*
- **Ordre** : *Geniales (Rutales)*
- **Famille** : *Rutaceae*
- **Sous famille** : *Aurantoideae*
- **Genre** : *Citrus*

I.4. Description et cycle de développement des agrumes

I.4.1. Description botanique :

Les agrumes sont de petits arbres ou arbustes atteignant 5 à 10 m assez souvent épineux et à feuillage dense persistant donnant des fruits de formes et de taille diverses.

- **Les feuilles** sont simples ou composées, sans stipules, éparses ou opposées. Un de leurs caractères communs est la présence de glandes oléifères qui apparaissent par transparence comme des points translucides. Toutes les parties de la plante possèdent en outre des tissus sécrétant des huiles essentielles à odeur aromatique (**Courboulex et Lorrain, 1998 cité par Matmati, 2005**).
- **Les fleurs** généralement régulières et hermaphrodites, sont formées par 4 ou 5 pétales (blanches), généralement libres, l'androcée est obdiloclée, les carpelles sont soudés en un gynécée à ovaire pluriloculaire supérieur parfois inférieur (**Courboulex et Lorrain, 1998 cité par Matmati, 2005**).
- **Les fruits** sont sphéroïdaux ou ovales, en les sectionnant on peut observer :
 - Un épicarpe rugueux, robuste, jaune (flavedo), qui entoure et protège le reste du fruit. Cet épicarpe est riche en glandes lysogènes qui contiennent une huile aromatique essentielle volatile d'une saveur citrine, composée de phéllandène, limonane (**Courboulex et Lorrain, 1998 cité par Matmati, 2005**).
 - Un mésocarpe parenchymateux, blanc (albedo), consistant, qui est relié étroitement à l'épicarpe, forme la peau ou l'écorce. Le mésocarpe contient quelques glycosides, comme la limanine et la citrine et les flavonoïdes qui déterminent la vitamine P, Le glucose et quelques acides organiques tels que l'acide citrique. (**Courboulex et Lorrain, 1998 cité par Matmati, 2005**).
 - Un endocarpe membraneux qui constitue la chair, une pellicule radiale consistante le subdivise en loges, de dimensions variables selon le cultivar. Ces loges contiennent des cellules fusiformes, allongées, riches en sucres solubles, en quantité non négligeable de vitamine C, pectine, fibres et divers acides organiques sont présents tout comme les sels de potassium (**Courboulex et Lorrain, 1998 cité par Matmati, 2005**).



Figure n°4: Feuilles, fleurs et fruits d'oranger (Hama et Asloune, 2016)

I.4.2. Cycle de développement des agrumes

I.4.2.1. Croissance végétative

Les *Citrus* dites arbres à feuillage persistants sauf pour *Poncirus trifoliata* qui perd son feuillage en hiver (Loussert, 1989 cité par Berrighi, 2007).

Ils sont caractérisés par une émission régulière de feuillages durant l'année. Représentée par l'apparition des jeunes ramifications (rameau) dites poussées de sève au cours de trois périodes distinctes de l'année :

A- Première poussée de sève (poussé de printemps)

De fin Février jusqu'au début Mai : les ramifications s'allongent et développent des jeunes feuilles de coloration vert-claire, sur ces nouvelles pousses apparaissent en Avril et Mai les organes fructifères. Cette poussée est la plus importante du point de vue masse végétative développée (Loussert, 1989 cité par Berrighi, 2007).

B- Deuxième poussée de sève (poussée d'été) De juillet à Aout :

Se développent de nouvelles pousses qui sont en général moins importantes que celles de printemps et d'automne (Loussert, 1989 cité par Berrighi, 2007).

C- Troisième poussée de sève (poussée d'automne) De Septembre à Novembre :

Elle assure le renouvellement du feuillage. Ces trois poussées sont le résultat de trois flux de sève qui commandent le développement végétatif de l'arbre. Les arbres ne subissent pas le phénomène de dormance mais seulement un ralentissement de l'activité végétative (Loussert, 1989 cité par Berrighi, 2007).

I.4.2.2. Développement floral

Les principales étapes du développement floral sont : la floraison, la pollinisation et la fécondation.

A- La floraison

Elle s'étale de fin Mars au début Mai : chez certaines espèces, la floraison peut être échelonnée durant toute l'année. C'est le cas des limettiers et des cédratiers. Par ailleurs, **(Praloran, 1971, cité par Berrighi, 2007)**, rapporte que la proportion des fleurs qui donnent des fruits atteignant la maturité est faible, en effet 1% des 60000 fleurs suffisent pour assurer une récolte de 100 kg/arbre.

B- Pollinisation

Lors de la pleine floraison, les anthères des étamines s'ouvrent et laissent échapper les grains de pollen, ces derniers sont transportés par le vent ou par les insectes, particulièrement les abeilles. Le développement parthénocarpique du fruit est déclenché par la germination du grain de pollen sur le stigmate sans qu'il y soit fécondation complète **(Ghelamallah, 2005)**.

C- Fécondation

Les espèces et les variétés riches en pépins assurent la fécondation complète. Après que la germination du pollen est réalisée, le stigmate, le germe de pollen se développe dans le stylet et se termine par la fusion des deux gamètes (Anthérozoïde, Oosphère), c'est la phase ultime de la fécondation **(Matmati, 2005)**.

I.4.2.3. Développement des fruits

Les étapes du développement des fruits sont : la nouaison, le grossissement et la maturation.

A- La nouaison : C'est la première étape du développement du fruit juste après la fécondation **(Ghelamallah, 2005)**.

B- Le grossissement : Etape rapide (Mai -Juin) qui nécessite de l'eau et des éléments nutritifs (N) afin d'obtenir un bon calibre et une bonne qualité du fruit **(Matmati, 2005)**.

C- La maturation : Cette étape s'effectue pendant la période échelonnée entre Juillet et Septembre, le fruit poursuit leur développement en grosseur pour atteindre en Octobre son calibre définitif **(Loussert, 1989 ; Praloran, 1971 cité par Berrighi, 2007)**.

I.5. Conditions de vie

I.5.1. Les exigences pédoclimatiques des agrumes

I.5.1.1 La température

En générale, les agrumes ne peuvent être cultivés en plein terre sans protection que dans une zone côtière aux températures hivernales clémentes. Ailleurs, il sera souvent nécessaire de protéger les arbustes pendant l'hiver. **(Polese, 2008)**.

Les agrumes se mettent en repos de végétation si la température est inférieure à 12°C ou dépasse les 35°C. En effet, ces arbustes sont si sensibles aux basses températures, apprécient un froid relatif pour produire les meilleurs fruits **(Courboulex, 2010)**.

I.5.1.2. La pluviométrie

L'eau annuelle nécessaire est de 1000 à 1200 mm par hectare, irrigation et pluviométrie réunies **(Rebour, 1966)**. Certains périodes, un déficit hydrique même temporaire est préjudiciable à la production, ces périodes sont : la floraison et la nouaison, la période de 15 juillet au 15 aout, le grossissement et la maturation des fruits **(Skiregj, 2007)**.

I.5.1.3. L'humidité de l'air

Une humidité atmosphérique élevée permet l'amélioration de la qualité gustative du fruit. Cependant, les agrumes s'accommodent mal d'une humidité de l'air excessive, ils sont alors victimes de parasites et de champignons. Par contre, en atmosphère trop desséchante, on peut constater des brûlures sur les feuilles et même sur le fruit **(Courboulex, 2010)**.

I.5.1.4. Le vent

Dans la région soumise à des vents fréquents, les agrumes doivent être protégés par des rideaux brise –vents **(Rebour, 1966)** parce que les vents violents provoquent la chute des fruits et le bris des branches **(Skiredj, 2007)**.

I.5.1.5. La grêle

La grêle cause des graves dommages par les nombreuses plaies contuses qu'elle provoque **(Rebour, 1966)**, elles sont marquées par : Déchirures des feuilles plus graves sur les jeunes rameaux. Les blessures des fruits, constituer une voie permettant aux maladies de pénétrer.

I.5.2. Exigences édaphiques

Les agrumes préfèrent les sols profonds (au moins un mètre de profondeur) et texture moyenne, dont la vitesse d'infiltration d'eau est comprise entre 0.1 et 0.2 m/h (**Rebour, 1966**), le PH idéal serait entre 5.5 et 7.5 (**Skiredj, 2007**)

I.6. Maladies et ravageurs :

Les agrumes, avec leur diversité, sont assujettis à plusieurs types de maladies physiologiques et parasitaires. A travers les régions agrumicoles mondiales, il a été rapporté plusieurs cas de ces maladies graves dont les dégâts ont pris un aspect désastreux

I.6.1. Les maladies des agrumes.

I.6.1.1. Maladies fongiques :

Les agrumes font face à plusieurs maladies fongiques, les dégâts causés par ces maladies peuvent être considérés comme importants par leurs influences sur la durée de vie des arbres ou par les pertes qu'elles entraînent sur la production.

Tableau n°1: Les principales maladies fongiques d'agrumes (ACTA, 2008).

Maladies	Pathogènes	Symptômes
Gommose (pourriture des racines)	<i>Phytophthora</i>	- Dépérissement de l'arbre - jaunissement des feuilles - mise à fruit anarchique -chancre gommeux à la base du tronc
Pourridiés	<i>Armillaria mella</i>	-Dépérissement brutal de l'arbre, sous l'écorce des racines et dans le sol - présence d'un réseau de filaments d'aspect cotonneux d'abord blanchâtres puis bruns.
Greasy spot	<i>Mycosphaerella citri</i>	-Taches d'aspect graisseux brun foncé surtout visibles sur la face inférieure du limbe
Trachéomycose	<i>Deuterophoma</i>	-Dessèchement des extrémités des branches et défoliation partielles

I.6.1.2. Maladies bactériennes :

Parmi les maladies bactériennes les plus importantes qui affectent les agrumes, on peut citer le Greening transmis par certains ravageurs tels que les *Psylles* qu'on doit contrôler pour limiter la propagation de cette bactérie intra-phloémique.

Tableau n°2 : Les principales maladies bactériennes d'agrumes (ACTA, 2008).

Maladies	Bactérie	Symptômes	Lutte préventive	Curative
Chance citrique	<i>Xanthomonas compestris</i> <i>Pv citri</i>	Petites taches jaunes se transforment en pustules liégeuses visibles sur les deux faces du limbe puis évoluent en petits cratères entourés d'un halo jaune	Protéger les vergers par des brises vent (l'impotence de la maladie est aggravée par l'abrasion due aux poussières transportées par un vent violet)	Les traitements cupriques ont une efficacité limitée
Greening	Réduction des feuilles prenant un aspect marbré, les nervures exposent parfois un aspect liégeux sur leurs faces supérieures Jaunissement et dessèchement de rameaux entiers.	Cette bactériose intra phloémique est transmise par certains psylles (homoptères) et lors de greffage En début d'attaque, ces symptômes se limitent à une fraction de la couronne de l'arbre, en cela ils se distinguent de ceux produits par une carence alimentaire qui touche l'ensemble de la frondaison	Supprimer les vieux arbres malades Planter de matériel végétal sain. Désinfecter le matériel de travail	Lutte biologique contre les vecteurs est possible.

I.6.1.3. Maladies virales

Les dégâts occasionnés par les maladies virales comme la *psorose*, la *tristeza* sont prédominantes dans les vieilles plantations.

Tableau n°3: Les principales maladies virales d'agrumes (ACTA, 2008).

Maladies	Virus	Symptômes	Lutte
_Psorose écailleuse _Psorose olvéolaire _Psorose en poche _Exocortis _Cachexie _Xyloporose <i>Tristé za</i>	<i>Citriovirus</i>	-Desquamation de l'écorce sur une partie du tronc et des branches -Apparition d'échancrures et d'invagination plus ou moins profondes. -Réaction d'incompatibilité au niveau de la greffe plus ou moins important de l'arbre -Tous ces symptômes ne sont pas visibles en même temps et sont en général longs à se maintenir	La maîtrise de ces maladies passe par l'obtention de matériel sain et par l'utilisation d'association porte greffe/greffon compatible et de variétés résistantes, pas de lutte chimique.

I.6.2. Les ravageurs des agrumes

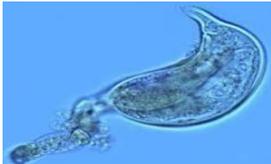
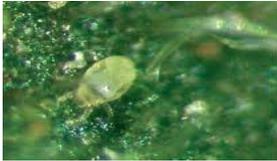
En Algérie, les principaux ravageurs des agrumes sont les cochenilles, la mouche des fruits, les acariens, les aleurodes et les pucerons. Certains entre eux entraînent des déformations des feuilles et des fruits, d'autre secrètent des substances qui peuvent attirer des fourmis et provoquer la formation et l'installation de la fumagine (Biche, 2012).

Tableau n°4: Les ravageurs des agrumes (Biche, 2012)

Ravageurs	Nom		Dégâts
	Scientifique	Commun	
 (Anonyme, 2021)	<i>Aonidiella aurantii</i>	Pou de Californie	Attaquent les feuilles, les rameaux et les fruits.
	<i>Lepidosaphes beckii</i>	La cochenille moule	
	<i>Lepidosaphes glowerii</i>	La cochenille virgule	

Insectes	<p><i>Chrysomphalus dictyospermi</i></p>  <p>(Anonyme, 2021)</p>	Pou rouge de Californie	<p>Développement de la fumagine, chute des feuilles et dépérissement des fruits.</p>
	<p><i>Parlatoria ziziphi</i></p>  <p>(Anonyme, 2021)</p>	Pou noir de l'oranger	
	<p><i>Parlatoria pergandei</i></p>  <p>(Anonyme, 2021)</p>	Cochenille blanche	
	<p><i>Saissetia oleae</i></p>  <p>(Anonyme, 2021)</p>	Cochenille H	
	<p><i>Icerya purshasi</i></p>  <p>(Anonyme, 2021)</p>	La cochenille australienne	
	<p><i>Coccus hesperidum</i></p>  <p>(Anonyme, 2021)</p>	Cochenille plate	
	<p><i>Ceroplastes sinensis</i></p>	Cochenille chinoise	

	<p><i>Pseudococcus citri</i></p>  <p>(Anonyme, 2021)</p>	<p>La cochenille farineuse</p>	
	<p><i>Aphis spiraeicola</i></p>  <p>(Anonyme, 2021)</p>	<p>Puceron vert des citrus</p>	<p>Avortement des fleurs et déformation des très jeunes feuilles. Développement d'abondantes colonies de pucerons sur les parties jeunes des arbres.</p>
	<p><i>Aphis gossypii</i></p>  <p>(Anonyme, 2014)</p>	<p>Puceron vert du cotonnier</p>	
	<p><i>Toxoptera aurantii</i></p>  <p>(Anonyme, 2014)</p>	<p>Puceron noir des agrumes</p>	
	<p><i>Myzus persicae</i></p>	<p>Puceron vert du pécher</p>	
	<p><i>Aleurothrixus floccosus</i></p>	<p>L'aleurode floconneux</p>	<p>Provoque des souillures importantes ainsi que le développement de la fumagine.</p>
	<p><i>Dialeurodes citri</i></p>  <p>(Anonyme, 2021)</p>	<p>L'aleurode des citrus</p>	<p>Provoque des nuisances et développe de la fumagine.</p>
	<p><i>Phyllocnistis citrella</i></p>  <p>(Anonyme, 2021)</p>	<p>Mineuse des agrumes</p>	<p>Attaque les feuilles et les jeunes pousses.</p>

	<p><i>Ceratitis capitata</i></p>  <p>(Anonyme, 2021)</p>	Mouche méditerranéenne des fruits	Provoque la pourriture des fruits.
Nématodes	<p><i>Tylenchulus semipenetrans</i></p>  <p>(Anonyme, 2019)</p>	Nématode des agrumes	Croissance ralentie des arbres ; pas de symptômes spécifiques de cette espèce
A cariens	<p><i>Tetranychus cinnabarinus</i></p>  <p>(Anonyme, 2021)</p>	Acarien tisserand	Provoquent des nécroses, décoloration et chute des feuilles, des fruits et des bourgeons.
	<p><i>Hemitarsonemus latus</i></p>  <p>(Anonyme, 2021)</p>	Acarien ravisseur	
	<p><i>Aceria sheldoni</i></p>  <p>(Anonyme, 2021)</p>	Acarien des bourgeons	

I.7. Les communautés de nématodes phytophages associées aux agrumes :

Selon **Castillo *et al.*, (2002)**, les nématodes phytoparasites sont distribués dans les sols naturels sur un grand nombre de cultures qui peuvent faire subir un préjudice important dans le cas où de fortes densités se présentent dans le sol ou dans les racines. Les agrumes sont l'un des plantes hôtes de ces nématodes ; plusieurs travaux ont signalé leur présence dans différents pays du monde : Maroc (**Mokrini *et al.*, 2018**). L'Algérie (**Khlar, 2014 et Triki, 2011**), Egypte (**Abd-Elgawad *et al.*, 2016**).

En effet, Les agrumes sont attaqués par plusieurs espèces de nématodes phytophages, qui se reproduisent sur leurs racines et causent des dégâts importants (**Cohn, 1972 et Duncan, 1999**). Parmi eux, *Tylenchulus semipenetrans*, *Radopholus similis*, *Pratylenchus*, et *Meloidogyne spp.* Sont considérés comme des nématodes parasites majeurs. Ils entraînent d'importantes pertes économiques dans plusieurs régions du monde. D'autres nématodes par contre sont des ravageurs mineurs, moins fréquents et moins abondants ; ils sont limités à quelques régions géographiques. Comme *Hemicycliophora arenaria*, *Paratrichodorus lobatus*, *Pratylenchus brachyurus*, et *Xiphinema brevicolle* (**Duncan, 1999**).

De toutes les espèces rencontrées, seul *Tylenchulus semipenetrans* est reconnu comme étant un parasite sérieux des agrumes.

Tylenchulus semipenetrans est un nématode semi-endoparasite inféodé aux racines des agrumes. Ce parasite est largement distribué dans le monde (**Duncan, 2005 ; Sorribas et al., 2008**) et dans le bassin méditerranéen (**Verdejo-Lucas, 1992 ; Inserra et al., 1994**). Il est responsable du dépérissement lent 'slow decline' des agrumes. Cette maladie a été observée dans plusieurs régions du monde tel que les Etats-Unis d'Amérique (**O'Bannon et Reynolds, 1967**), l'Afrique (**Aggrey et al., 1988**) et les pays méditerranéen (**Kallel et al., 2006**).

Chapitre II

Généralités sur les champignons nématophages

II.1. Généralité sur les champignons nématophages :

Les champignons nématophages sont des espèces carnivores qui s'attaquent aux nématodes ou les parasitent (**Barron, 1977**), Il existe environ 700 espèces de champignons taxonomiquement diversifiés capables d'attaquer les nématodes vivants (juvéniles, adultes et œufs) et de les utiliser comme source de nutriments, qui sont des animaux actifs d'environ 0,1 à 1,0 mm de long. (**Nordbring-hertz et al., 2006 ; Zhang et al., 2011**). Les genres les plus importants comprennent *Purpureocillium*, *Pochonia*, *Hirsutella*, *Nematophthora*, *Arthrobotrys*, *Drechmeria*, *Fusarium* et *Dactylellina*. Parmi ces champignons nématophages, seulement quelques espèces sont des parasites obligatoires de nématodes, mais la majorité sont saprophytes (Facultatifs). (**Zhang et al., 2016 ; Swe et al., 2009**). Sur la base des mécanismes par lesquels ils attaquent les nématodes, ces champignons nématophages sont généralement divisés en quatre groupes généraux :

II.1.1. Les champignons piègeurs ou prédateurs : qui tuent les nématodes en produisant des dispositifs de piégeage adhésifs ou non. Ils possèdent une capacité saprophyte relativement bonne. Les dispositifs adhésifs tels que les hyphes, les branches, les boutons et les filets sont enduits d'un adhésif qui retient fermement le nématode conduisant à la pénétration et à la colonisation par les champignons. Les dispositifs de piégeage non adhésifs sont des anneaux resserrés et non resserrés.

II.1.2. Les champignons endoparasites : utilisent des conidies adhésives ou au goût agréable pour pénétrer dans le corps du nématode. Ce sont des parasites obligatoires, se développent au détriment du contenu corporel et tuent finalement le nématode. Les membres de *Chytridiomycota* et *Oomycota* produisent des zoospores uni- et biflagellées respectivement, pour parasiter les nématodes.

II.1.3. Les parasites des kystes et des nématodes à galles : utilisent les femelles ou les œufs comme source de nourriture, colonisant par la croissance d'hyphes somatiques et provoquant la dissolution enzymatique de la coquille des œufs et de la cuticule larvaire. Ces champignons sont impliqués dans la dégradation des kystes du sol au fil du temps. Ils ont clairement la capacité de réguler sa population hôte dans le sol.

II.1.4. Les champignons producteurs de toxines : immobilisent les nématodes en sécrétant des toxines (**nordbring-hertz et al., 2006 ; Hyde et al., 2014**).

II.2. Mode et forme d'invasion du nématode capturé :

Quel que soit le piège, le mode d'invasion du ver par le champignon est toujours le même. Après un laps de temps plus ou moins long, pendant lequel le nématode piégé se débat violemment, le champignon pénètre à l'intérieur de sa capture en perforant la cuticule. Il développe ensuite un bulbe d'infection à partir duquel des hyphes trophiques évoluent et envahissent progressivement le ver, en absorbant son contenu, provoquant sa mort en quelques heures. (Nordbring-hertz et Stalhammar-carlemalm, 1978).

Les appareils de capture sont de 2 types : pièges passifs et pièges actifs. Les premiers sont les plus répandus et se présentent sous différentes formes.

- a) Les hyphes collants indifférenciés.
- b) Les arceaux collants tridimensionnels.
- c) Tubercules collants.
- d) Boutons collants.
- e) Anneaux à 3 cellules.

Les pièges actifs sont représentés par des anneaux constricteurs. Il s'agit de 3 cellules (Peloille, 1981).

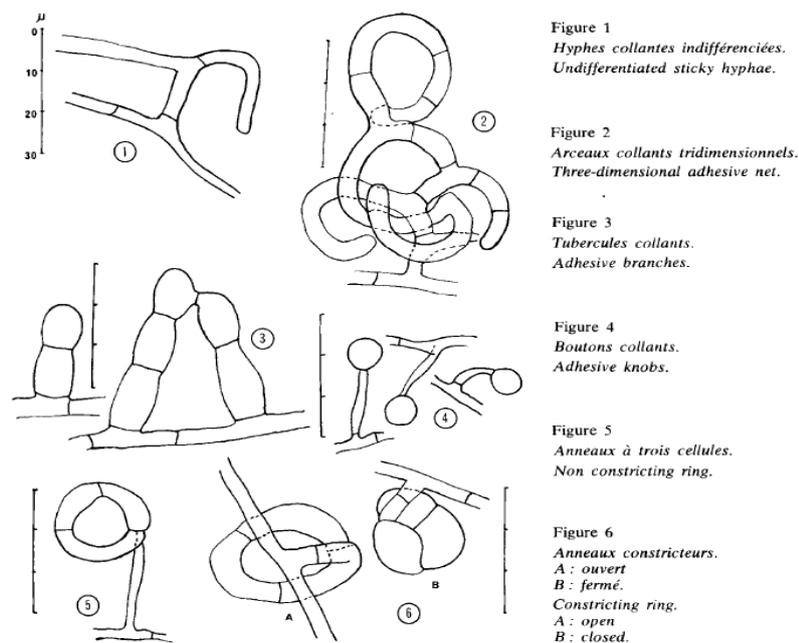


Figure n°5 : Types et formes de pièges (Peloille,1989).

II.3. Spécificité des champignons nématophages :

Les travaux qu'ont été fait depuis plusieurs années ont permis de constater que les différents champignons nématophages ne capturent chacun que des espèces de nématodes bien particulières.

Cette spécificité paraît liée à trois facteurs fondamentaux : taille des pièges, pouvoir collant des sécrétions, affinités biochimiques entre le champignon et sa proie (**Cayrol, 1980**).

Deuxième partie :

Expérimentation

Chapitre III :

Matériel et méthodes

III.1. Objectif du travail :

Notre étude est basée sur trois aspects essentiels :

En ce qui concerne le premier aspect, nous avons essayé de faire une prospection de la station expérimentale de l'université de Blida, afin de faire un constat sur l'état de verger, la culture précédente, les variétés cultivées et les produits chimiques appliqués. Cela en choisissant un questionnaire approprié (annexe).

En ce qui concerne le deuxième aspect, il consiste à des analyses pédologiques de sol collecté (l'humidité, pH, conductivité électrique, matière organique, calcaire).

Pour ce qui concerne le troisième aspect, nous essayons d'inventorier les champignons nématophages (prédateurs et parasites) présents dans le sol agrumicole sur une profondeur de 30cm, en prélevant du sol frais ; cela nous permettra d'estimer la présence, la fréquence et le comportement des champignons nématophages.

III.2. Présentation de la station d'étude

Notre expérimentation s'est déroulée dans le verger d'agrumes de la station expérimentale du département des Biotechnologies de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Blida1. Ce site se trouve à 6 Km au Nord Est de Boufarik et 4,4 Km au Sud-Ouest de la ville de Blida, entre 36°29 et 36°30 de latitude Nord et 3°53 et 3°45 de longitude Est. Elle est limitée à l'Est par la commune de Soumaa, à l'Ouest par la commune de l'Ouled Yaich, au Nord par la commune de Beni-Mered, au Nord- Est par la commune Guerouaou et au Sud par les montagnes de Chréa.

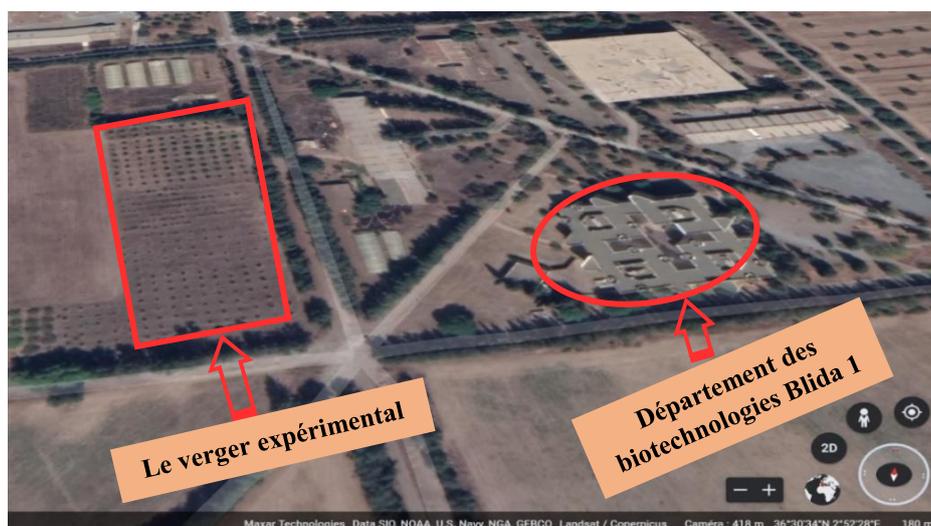


Figure n° 5 : Présentation de site d'étude (180 m d'altitude) (Google earth, 2021)

III.3. Matériel de travail :

III.3.1. Sur terrain :

- Une binette
- Des sachets en plastique
- Des étiquettes
- Marqueur
- Règle graduée

III.3.2. Au laboratoire :

- Glucose
- Agar-agar
- Bouillie de pomme de terre
- L'eau distillée
- Balance
- Cristalliseur
- Erlenmeyer
- Agitateur
- Flacons en verre
- Autoclave
- Antibiotique (pénicilline)
- Hotte à bec bunsen
- Boîtes de Pétri
- Le sol
- Para film
- Marqueur indélébile
- Microscope
- Etiquettes
- Etuve
- Clés de détermination

III.4. Questionnaire :

C'est un outil adapté pour recueillir des informations précises sur la station expérimentale étudiée, l'état de verger, les cultures sur place, les précédentes cultures, les variétés, la nature du sol et les produits chimiques utilisés. (Annexe).

III.5. Méthodes de travail :

5.1. Méthode d'échantillonnage :

Les échantillons de sol sont réalisés dans la rhizosphère du *citrus* pendant la saison de floraison, au printemps à 27 °c. Sept arbres ont été choisis d'une manière aléatoire. Pour chaque arbre nous prélevons trois échantillons de sol de 500g chacun, à l'aide d'une binette sur une profondeur de 30 cm. Les échantillons de sols sont ensuite conservés dans un sachet en plastique muni d'une étiquette indiquant le lieu, la date, la profondeur et le type de sol. (Fig. n°6).



Photo n°1 : L'état de verger



Photo n°2: Prélèvement de sol

Photo n°3 : Sol et étiqueté collecté

Figure n°6 : Station d'échantillonnage (Originale, 2021)

III.5.2. Les caractéristiques du sol**III.5.2.1. L'étude analytique du sol :**

Les analyses pédologiques du sol sont effectuées au niveau du laboratoire de pédologie à l'université SAAD DAHLEB 1 (Annexe), les analyses étudiées sont :

III.5.2.1. A) L'humidité du sol :

L'humidité du sol est un terme très vague et il est important de le définir. La définition la plus commune de ce terme est la quantité totale d'eau présente dans la zone insaturée. Pour des raisons pratiques, cette humidité est souvent séparée en deux composantes, l'humidité du sol de surface, correspondant aux premiers centimètres (5 cm en général), et l'humidité de la zone racinaire du sol (deuxième réservoir). L'humidité du sol joue un rôle important dans le maintien de la vie sur la Terre, sa première "utilisation" est de permettre la croissance de la végétation. Elle conditionne également la mise en place du peuplement végétal (germination des semences, émergence, implantation du système racinaire, etc...).

III.5.2.1. B) Analyse du pH-eau :

Le potentiel hydrogène (ou pH Eau) mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H^+) dans une solution. Il a une influence sur l'assimilation des nutriments et oligo-éléments par une plante. La forme d'une molécule change en fonction du pH de la solution dans laquelle elle se trouve.

Le pH varie de 0 à 14 et la neutralité est atteinte lorsque le pH est égal à 7. On peut classer les sols selon leur acidité de la manière suivante :

- $pH < 4,5$: sols très acides.
- $4,5 < pH < 6$: sols faiblement acides
- $6 < pH < 7$: sols équilibrés permettant une bonne alimentation minérale
- $pH > 7$: sols calcaires et /ou salés.

III.5.2.1. C) La conductivité électrique :

L'analyse de la solution du sol comprend d'une part la mesure de sa conductivité électrique et d'autre part la détermination des sels solubles dans l'eau (anions et cations). Ces deux sortes de déterminations ne sont pas faites systématiquement sur tous les échantillons.

III.5.2.1.D) Matière organique :

La matière organique stable du sol (humus) est issue de la décomposition progressive des résidus de culture, et des végétaux, animaux et autres organismes biologiques vivants dans le sol (acariens, champignons, microfaune, microflore...). Le sol contient un faible pourcentage massique de matière organique, généralement compris entre 1 et 5%. Cette petite quantité de matière organique, dont le carbone organique constitue à peu près la moitié, est très importante pour le fonctionnement du sol et de l'écosystème tout entier.

III.5.2.1.E) Le calcaire total :

Le calcaire total est une des composantes héritées du sol, éventuellement légèrement modifiable par apports massifs et répétés d'amendements basiques. La présence de calcaire confère au sol des caractéristiques spécifiques en termes de comportement physique et chimique et influe sur son activité biologique.

III.5.2.1.F) Densité apparente :

La densité apparente est l'un des paramètres les plus importants dans les études portant sur la structure du sol. Elle est, en effet, liée à la nature et à l'organisation des constituants du sol (**Chauvel, 1977**). Une densité apparente spécifie l'une des densités de masse par unité de volume (y compris les pores) de sol, de substrat ou de particule ayant été séché à 105 °C jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

III.5.2.1.G) Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique est une étude qui permet de caractériser la distribution de taille des particules et reflète la répartition quantitative d'un élément solide, et d'identifier les différentes familles granulométriques (sable, limon, argile), et il renseigne sur la texture du matériau. Certaines caractéristiques d'un sédiment qui peuvent avoir une influence sur la spéciation des polluants sont dépendantes de la taille des grains qui le compose (réactivité, surface spécifique...) (**kribi, 2005**).

III.5.3. Préparation de milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar) :

C'est un milieu de culture microbiologique non sélectif qui favorise le développement des champignons, il est composé de bouillie de pomme de terre qui est récupéré de la procédure suivante : Faire bouillir 200g de pomme de terre dans 1L d'eau. Récupérer le bouillon, le mettre dans un cristallisateur, ensuite, ajouter 20g de glucose, 20g d'Agar-agar et l'eau distillé jusqu'à obtention 1L.

Verser le milieu PDA dans un Erlenmeyer et le mettre sur l'agitateur magnétique pendant 20 minutes pour qu'il soit homogène, le couler dans des flacons en verre, et les faire passer à l'autoclave pendant 20 min à une température de 120°C pour la stérilisation, laisser refroidir, une fois le milieu refroidit, on ajoute l'antibiotique (pénicilline)(0,1ml/1L), pour que le milieu ne soit pas contaminé par les bactéries. (Fig n°7).



Photo n°1: Agar-agar



Photo n°2: Glucose

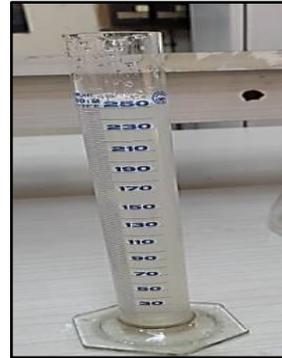


Photo n°3 : Bouillie de pomme de terre



Photo n°4: Solution préparer

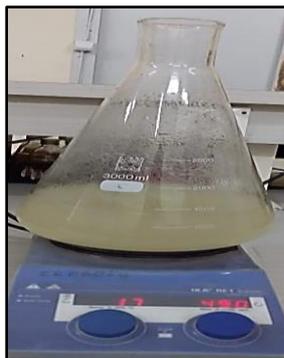


Photo n°5: Agitation

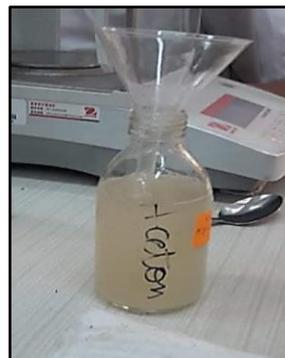


Photo n°6: PDA avant autoclavage



Photo n°7: Autoclave



Photo n°8: Milieu PDA préparé

Figure n°7 : Les différents étapes de préparation de milieu PDA (Originale, 2021)

III.5.4. Préparation du sol :

Le sol de la station prospectée est étalé sur un papier pour séchage. Une fois sec ce dernier est broyé à l'aide d'un mortier puis il est tamisé (2mm).

III.5.5. Isolement de différentes espèces de champignons à partir du sol :

- Dans un endroit stérile (la hotte), devant un bec bunsen ; faire couler le milieu dans huit boîtes de Pétri stériles.
- Après solidification du milieu, ensemercer le sol à la surface du milieu (1g pour chaque boîte) ; puis fermer les boîtes et les sceller avec un para-film.

- Inverser les boîtes de Pétri pour éviter le risque de contamination par les gouttelettes d'eau accumulées sur le couvercle. (Fig. n° 8).



Photo n°1 : PDA additionné d'antibiotique



Photo n°2: Stérilisation des boîtes de Pétri



Photo n°3 : Coulage



Photo n°4 Ensemencement du sol



Photo n°5 : Scellage des boîtes de pétri avec le parafilm



Photo n°6 : Nombre des répétitions



Photo n°7 : Incubation des boîtes de pétri dans l'étuve

Figure n°8 : Les étapes d'isolement des champignons nématophages (Originale, 2021)

III.6. Conditions d'incubation

Une fois les boîtes de Pétri sont prêtes, ses dernières seront mises dans l'étuve à 25°C, qui est une température favorable au développement des champignons nématophages.

III.7. Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites

Pour la Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites nous nous sommes référés aux clefs de détermination (Cooke et Godfrey, 1964 ; Barron, 1968 ; Buyck, 1986 et Philip, 2001) qui est basée sur :

- Les spores
- Les réseaux mycéliens

- Les anneaux constricteurs et non constricteurs
- Les conidiospores
- Les boutons adhésifs
- Les conidies
- Les mycéliums perforants
- Les chlamydozoospores

Chapitre IV :

Résultats et Discussion

IV.1. Importance du questionnaire :

Le questionnaire que nous avons préparé nous a permis d'avoir une idée générale sur la station expérimentale que nous avons visité. Nous avons constaté que le verger été très ancien, plus de 19 ans, l'utilisation des produits chimiques ne se fait plus depuis 11 ans, telle que : Limacide 40, Aster extrim sl, Agasmar....

IV.2. Caractérisation du sol étudié :

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°5 : Résultats des analyses physico-chimiques du sol

Analyses	Culture	Agrume
L'humidité %		10,86
Densité apparente (g /cm ³)		2,1
PH-eau		7,88
Conductivité électrique (S.m ⁻¹)		0,146
Matière organique		5,28
Calcaire total %		0
Sable fin %		2,71
Sable grossier %		3,43
Argile %		45
Limon %		48

IV.3. Espèces des champignons nématophages prédateurs et parasites déterminés :

Après une observation sous microscope à l'état frais nous avons pu répertorier 05 genres de champignons nématophages (prédateurs et parasites) à partir des différentes clés de détermination : *Arthrobotrys*, *Stypaloge*, *Verticilium*, *Dactylaria* et *Rhopalomyces*. (Fig. n°9).

IV.4. Description des différentes espèces de champignons nématophages :

- ❖ *Arthrobotrys* : c'est un genre de champignons prédateurs, qui possède des chlamydospores produites par des filaments qui montrent la séparation de la paroi en couche interne et externe, la forme des conidies est bicellulaire et allongée (**Buyck, 1986**).
- ❖ *Stylopage* : C'est un genre de champignons prédateurs, qui caractérise par des conidies unicellulaires allongées. Il peut présenter des hyphes et des boutons adhésifs (**Bamat et Hunter 1998**).
- ❖ *Verticillium* : conidiophores minces, ramifiés, au moins certaines des branches verticillent (dans les verticilles), les conidies (phialospores) ovoïdes à l'ellipsoïde, hyalines, portées isolément ou dans de petites grappes humides apicalement, parasites vasculaires causant des irrégularités de plantes supérieures, parasite sur d'autres champignons, ou en croissance saprophytique.
- ❖ *Dactylaria* : C'est un genre de champignons prédateurs, présente des conidiospores plus ou moins érigés, simples, courts, parfois peu différenciés du mycélium, des hyalines, des 2 à plusieurs ; des cylindriques ou des clavés, parfois plus longs et célibataires au sommet ; saprophytes ou parasites sur les nématodes.
- ❖ *Rhopalomyces* : est un genre de champignons parasites des œufs, de la famille des Helicocephalidaceae, présente les conidies bicellulaires et solitaires. Ce genre possède des columelles. La partie inférieure du prophore montre la distribution des rhizoïdes (**Barnett et Hunter, 1998**). Quand ils germent les grandes spores produisent un système étendu (1 à 2mm de diamètre) (**Philip, 2001**).

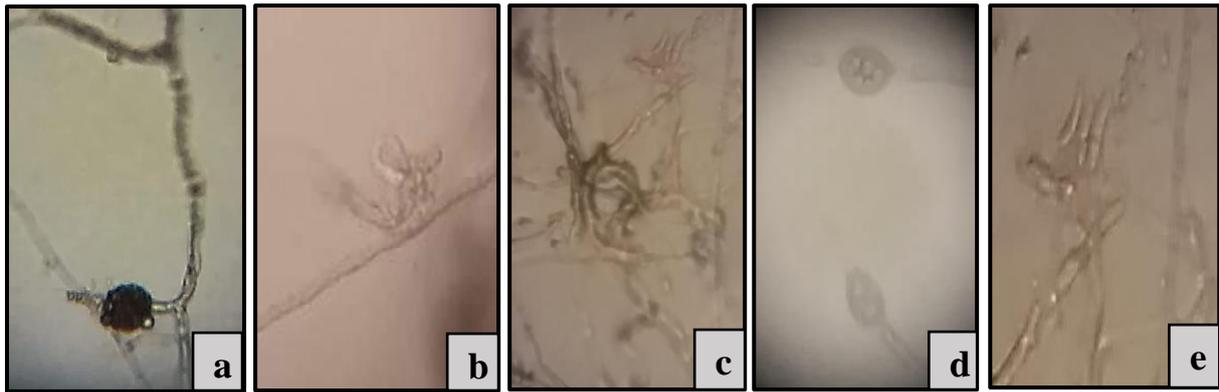


Photo n°01 : *Arthrobotrys*



Photo n°02 : *Stylopaga*

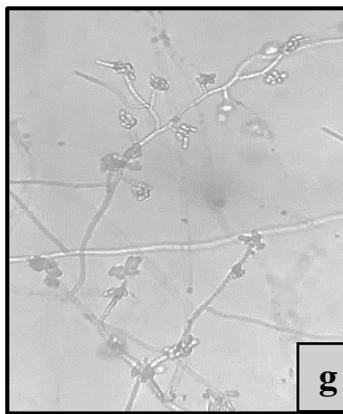


Photo n°03 : *Verticillium*



Photo n°04 : *Dactylaria*



Photo n°05 : *Rhopalomyces*

Figure n°9 : Les différents genres de champignons nématophages (Originale, 2021)

Gr.: 10x10 (a, f, g, i, k) ; 10x25 (b, c, d, e, h, j)

IV.5. Estimation des champignons nématophages :

La fréquence des espèces présentées dans le sol étudié a été estimée par rapport à leurs présences dans les répétitions :

- Espèce présente dans une seule répétition = 12,5%
- Espèce présente dans deux répétitions = 25%
- Espèce présente dans trois répétitions = 37,5%
- Espèce présente dans quatre répétitions = 50%
- Espèce présente dans cinq répétitions = 62,5%
- Espèce présente dans six répétitions = 75%
- Espèce présente dans sept répétitions = 87,5%
- Espèce présente dans toutes les répétitions = 100%

IV.5.1. Fréquence des champignons nématophages dans la zone d'étude :

Nous avons identifié 05 genres de champignons nématophages : *Arthrobotrys*, *Stylopage*, *Verticilium*, *Dactylaria*, *Rhopalomyces*. Ces genres sont présentés avec les fréquences de 75%, 50%, 12,5%, 12,5 %, 37,5% respectivement (Fig. n°10).

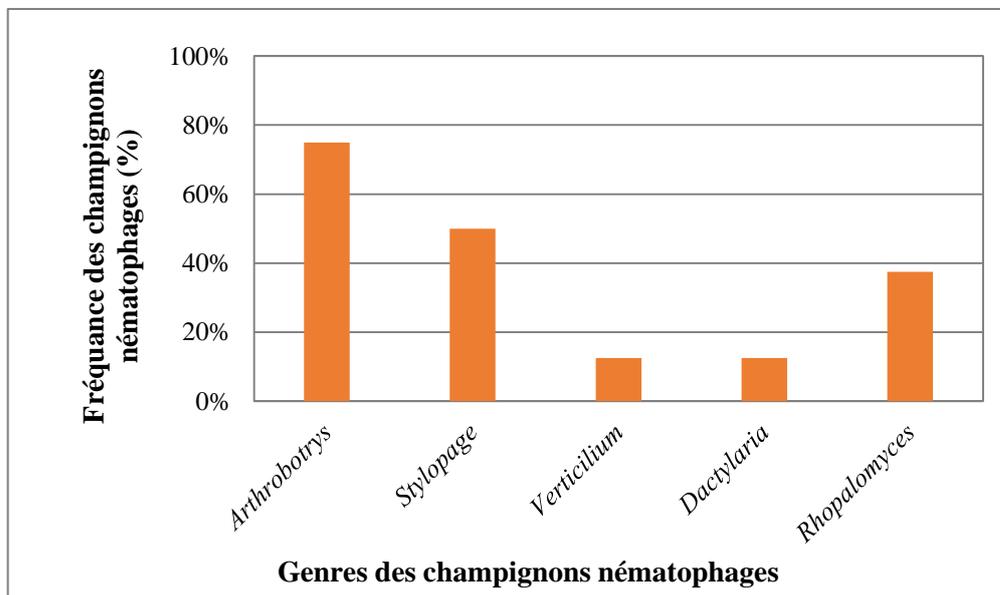


Figure n°10 : Fréquence des champignons nématophages identifiés.

Nous remarquons que le genre *Arthrobotrys* est dominant avec une fréquence de 75%, suivi par *Stylopage* et *Rhopalomyces* avec une fréquence de 50% et 37,5% respectivement. Pour *Verticilium* et *Dactylaria* sont présentes avec une même fréquence de 12,5%.

IV.6. Discussion :

La production des agrumes est l'une des plus grandes industries agricoles dans le monde. De nombreuses espèces de nématodes ont été signalées dans la rhizosphère des agrumes (**Cohn, 1972**). Cependant, très peu d'entre eux se sont avérés d'importance économique. Parmi ces derniers, le nématode du *Citrus T. semipenetrans* a été identifiés comme un parasite important limitant la production des agrumes sous divers conditions édaphiques et environnementales (**Parvez et al., 2003**).

Nous avons réalisé notre étude dans la station expérimentale de l'université de Blida 1. Qui a était déjà infesté par les nématodes selon l'étude de **Alili (2015)** où il a signalé une diversité de 13 taxons de nématodes identifiés et des espèces de la famille des *Telotylenchidae* non identifiés.

Nous avons commencé notre travail par une enquête (Questionnaire) visant à collecter des informations sur l'état de verger (la surface, le type de sol, la culture sur place, les variétés cultivées et les produits chimiques appliqués...). Puis nous avons procédé à des analyses pédologiques de sol collecté (la Texture, densité apparente, pH, humidité, calcaire, conductivité électrique, matière organique). En dernier on a inventorié des champignons nématophages prédateurs et parasites.

D'après le questionnaire établit nous avons noté que le verger a été créé en mars 2002, Il occupe une superficie de 0,5 hectare, contient 252 arbres d'agrumes de différentes variétés tels que « Thomson, Washington Navel et Wilking », et que l'irrigation de culture se fait par la technique goutte à goutte. L'utilisation des produits chimiques tels que (Algamar, Aster Extrim, et Limacide 40) s'est arrêté depuis 2012 et que le verger est en mauvais état.

L'étude pédologique effectué montre que notre station expérimentale caractérisée par un sol argileux limoneux, riche en matière organique et avec un pH alcalin (7,88), ces derniers sont favorable pour le développement des champignons.

Dans la zone d'étude prospectée ; nous avons pu identifier 05 genres de champignons nématophages (prédateurs et parasites) : *Arthrobotrys*, *Stylopaga*, *Verticilium*, *Dactylaria* et *Rhopalomyces*.

Les études montrent que la présence des champignons nématophages est naturelle. (**Cayrol et al, 1992 et Bouguerra, 1993**). D'après (**Sherber, 1995**) « ceux sont probablement des raisons chimiques qu'ils font que le champignon n'apparaît que là où les nématodes vivent

», comme les nématodes sont présents sous différents stades larvaires et restent mobiles dans tout leur cycle de vie leurs antagonistes doivent produire des pièges (**Kerry, 1992**). Cette diversité mycélienne offre plusieurs types d'avantages.

Nos résultats sont comparables à ceux de **Kallel et Labiadh (2010)** en Tunisie. Ces auteurs ont détecté 12 souches de champignons prédateurs dans la rhizosphère des *Citrus*. Selon **Gray (1988, cité par Persmark et Jansson, 1997)**, les champignons nématophages sont communément présents dans les sols agricoles.

Divers travaux en Algérie ont signalé la présence des champignons nématophages dans les sols maraichers. (**Rebouh 2014 ; Boukhirane , 2015**)

Toutefois la diversité varie selon les régions d'études ; **Rebouh (2014)** dans la station de Staouali a identifié cinq espèces (*A. musiformis*, *A. dactyloides*, *A. oligospora*, *D. ellipsospora* et *R. elegans*) alors qu'à Douaouda une seule espèce a été signalée (*Rhopalomyces elegans*) ; **Boukhirane (2015)** a signalé dans la station de Sidi Ghilles six espèces (*Arthrobotrys musiformis* , *Arthrobotrys oligospora* , *Rhopalomyces elegans* , *Torula herbarum* , *Beauveria bassiana* et *Botrytis cinerea*) alors qu'à Hadjret Enouss sept espèces (*Arthrobotrys musiformis* , *Arthrobotrys oligospora* , *Torula herbarum* , *Beauveria bassiana*, *Botrytis cinerea* , *Dactylella ellipsospora* , *Cladosporium cladosporioides*) et pour la région d'Oued Sebt neuf espèces (*Arthrobotrys musiformis* , *Arthrobotrys oligospora* , *Torula herbarum* , *Beauveria bassiana*, *Botrytis cinerea* , *Rhopalomyces elegans* , *Cephalosporium balanoides*, *Arthrinium phaeospermum* , *Cladosporium cladosporioides* et *Dactylella ellipsospora*).

Nous constatons que les différents champignons nématophages présentent une diversité, le genre *Arthrobotrys* est le plus représenté et facilement identifié par rapport aux autres champignons, du fait de sa croissance mycélienne très rapide. C'est un Genre dont le mécanisme de piégeage n'est pas complexe avec une rapidité de capture de L2 et une facilité de développement dans les sols (**Cayrol et al., 1992 ; Denbelder, 1994**). Cette souche peut donc être utilisée de façon tout à fait satisfaisante dans la pratique en tant qu'agente nématophage dans la culture agrumicole.

D'après les différents essais effectués, il est montré que le champignon du genre *Arthrobotrys* se développe rapidement dans un sol à pH alcalin (7,88) alors que sa croissance est stoppée en pH acide (5,7) dans ce dernier cas le champignon n'est pas arrêté, il émet une légère frange mycélienne incapable de s'étendre (**Cayrol, 1983**).

Mankau (1962), a montré que le sol peut souvent contenir une substance qui inhibe la germination des spores et l'addition de matière organique végétale en décomposition suspend temporairement cette fongistase (**Cooke, 1964**).

Selon Cooke (1968), la formation des champignons et la croissance mycélienne sont des processus qui réclament de l'énergie et cette énergie provient de la matière organique.

Selon Nammouchi (1968), les sols riches en matières organiques sont susceptibles d'héberger un nombre très important de champignons utiles surtout les nématophages.

Karmarrec (1969), a développé cette étude pour conclure que les champignons prédateurs sont de faibles compétiteurs dans les sols et que leur aptitude à croître en phase saprophytique est minime.

D'après Delmas et Hardemare (1968) ; Laborde (1968) ; Larouche (1983) signalent qu'un sol riche en matière organique favorise le développement de la microflore.

D'après **Doumandji Nitiche et Doumandji (1993)** toutes les formes de la matière organique convient aux champignons nématophages à l'exception du compost urbain.

Nous avons évalué l'hypothèse que la présence des champignons est liée à la richesse de sol en matière organique, les champignons nématophages utilisent la matière organique comme source d'énergie et élément constitutifs pour leur synthèse cellulaire et leur croissance.

D'après **Pelloile (1981)** l'utilisation des champignons prédateurs comme moyen de lutte biologique a été envisagée contre les nématodes phytoparasites et les nématodes zooparasites. C'est jusqu'à ce jour le premier point qui a été le mieux exploré et également celui pour lequel les résultats sont les plus encourageants. Cette première orientation s'explique par l'impact économique des importants dégâts infligés aux cultures par les nématodes.

La lutte biologique consiste à réduire les populations de nématodes grâce à l'action des microorganismes vivants qui se produit naturellement ou par manipulation de l'environnement ou l'introduction d'antagonistes (**Stirling, 1991**).

Les champignons occupent une place importante dans la régulation des populations de nématodes dans le sol. Certains ont montré un grand potentiel comme agents de lutte biologique (**Dackman et Nordbrin-Hertz, 1985 ; Kerry, 1988 ; Siddiqui et Irshad, 1996**). Ces organismes microscopiques peuvent capturer, tuer et digérer les nématodes (**Jonsson et Lopez-Llorca, 2001**).

Des essais en plein champ ont montré que l'apport de Champignon « *Paecilomyces lilacinus* » dans le sol réduit davantage le nombre de galles de *Meloidogyne* que des traitements nématicides classiques, (Cayrol *et al.*,1992).

Parmi les champignons parasites d'œuf (*Verticillium clamydosporium*, *Nematophthora gynophila*) sont fortement impliqués dans la limitation des densités des nématodes à kystes tels *Heterodera* sp. (Tribe et Acryol, 1989 cité par Labdelli, 1995), qui semble avoir une large répartition géographique (Cayrol *et al.*, 1982).

Saunkaranarayanan *et al.* (2000), ont montré que le *Verticillium chlamydosporium* permet de réprimer les galles, les masses d'œufs et la population de nématode, le degré de suppression des nématodes varie selon la dose d'application respectivement. *V.chlamydosporium* appliqué à 10g et 5g donne le pourcentage de parasitisme des œufs de 70% et 89,3% et les masses d'œufs sont de 63 et 69% respectivement.

En 2010, Kallel et Labiadh ont montré que les espèces *Arthrobotrys oligospora*, *Arthrobotrys conoides*, *Arthrobotrys musiformis*, les trois souches du genre *Meristacrum* et *Monacrosporium rutgeriensis* ont une croissance rapide alors que *Arthrobotrys dactyloides* et *Monacrosporium cionopagum* ont une croissance lente et ceci à différentes températures testées 16,5, 20, 25 et 30 °C.

Bien que la rotation culturale et l'utilisation des variétés résistances constituent actuellement les moyens de lutte les plus adoptés contre les nématodes à kyste des céréales, la lutte biologique est une alternative à explorer avec pour candidats les antagonistes naturels de ces nématodes (Mensi *et al.*, 2011).

Nous pouvons dire que notre station expérimentale présente un certain nombre de champignons nématophages qui pourraient être utile en lutte biologique, car cette dernière est un moyen susceptible de remplacer la lutte chimique.

Conclusion

Conclusion

Conclusion :

Les nématodes du *citrus* sont des bio-agresseurs très redoutables qui sont difficiles à combattre et leur lutte demeure le souci majeur pour les scientifiques et les agriculteurs.

Notre étude est basée sur la substitution des nématicides chimiques par des agents biologiques tels que les champignons nématophages comme une composante de la protection.

À travers la prospection menée à la station expérimentale de SAAD DAHLEB Blida 1, on peut dire que cette station est caractérisée par un sol argileux limoneux, riche en matière organique et par un pH alcalin (7,88), ces facteurs sont favorables au développement des champignons nématophages.

Au terme de ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude des champignons nématophages utiles en fonction des caractères des sols. Nous avons pu répertorier 05 genres de champignons nématophages : *Arthrobotrys*, *Stylopaga*, *Verticilium*, *Dactylaria* et *Rhopalomyces*.

Nous constatons que les différents champignons nématophages présentent une diversité, le genre le plus représenté est *Arthrobotrys*.

En outre, notre recherche montre que la présence des champignons nématophages est naturelle. Cette présence dépend de plusieurs paramètres, citons en premier un milieu adéquat dont le pH est alcalin, riche en matière organique, une humidité optimale et une température ambiante et plusieurs d'autres qui ne sont pas encore déterminés.

Nous pouvons dire que la station d'étude présente un certain nombre de champignons qui pourraient être utile en lutte biologique.

Notons enfin que cette étude nous a permis de mettre en évidence et d'attirer l'attention sur l'opportunité de l'utilisation des champignons nématophages (prédateurs et parasites) en lutte biologique car cette dernière est un moyen susceptible de remplacer la lutte chimique. Il est indispensable de développer ces moyens de lutte car les nématicides chimiques représentent un danger pour l'environnement et même provoquent la résistance du nuisible. Nous disposons d'une microflore très diverses capables de donner de bons résultats car les études ont montré qu'il faut disposer de souches locales.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **A.C.T.A., 2008** - *Guide pratique de défense des cultures, Association de Coordination Technique Agricole*. A.C.T.A., paris, 867 p.
2. **ABD-ELGAWAD, M.M., KOURA, F. F., MONTASSER, S. A., et HAMMAM, M.M., 2016** - Distribution and losses of *Tylenchulus semipenetrans* in citrus orchards on reclaimed land in Egypt. *Nematology*, 18(10), 1141-1150.
3. **ADAM A., 2008** - *Elicitation de la résistance systémique induite chez la tomate et le concombre et activation de la voie de la lipoxygénase par des rhizobactéries non pathogène*. Ph.D. thesis, university of Liège, Belgium. 194 p.
4. **ADJDIR Z. et BENSNOUCI A., 2009** - *Bilan d'une Agrumeraie, cas de la ferme pilote Moussadek Abdalkader (Remchi Wilaya de Tlemcen)*. Mémoire d'ingénieur, Univ. Tlemcen, 81 p.
5. **AGGREY G.S., KENNO A. et BATCHA A., 1988** - Nematode fauna in two declining Citrus orchards in Ethiopia. *FAO Plant Protection Bulletin*, 36: 35-41.
6. **ALILI I., 2015** - *Etude de l'effet de trois types de fumier sur la diversité trophique des communautés de nématodes dans un verger agrumicole*. Mém. Mast.U.S.D.B.1, P.P.D., 55p.
7. **B'CHIR M.M. et NAMOUCHI N., 1988** - Effet de *Bacillus pimulus* sur *Monacrosporium salinum*, un champignon prédateur de nématode. *Revue de Nématologie*, 11 : 263-26
8. **BARNETT H. L. et HUNTER B. B., 1998** - *Illustrated genera of imperfect fungi* Ed. n°4. American Phytopathological Society APS Press.
9. **BARRON G.L., 1977** - *Les champignons destructeurs de nématodes Sujets de mycobiologie n° 1*, Canadian Biological Publications Ltd., Guelph, ON, Canada.
10. **BERINGOLA M. L., CARCELES, A. et GUTIERREZ M. P., 1987** - *Ensayos de nematicidas contra el nematodo de los agrios, Tylenchulus semipenetrans*. Boln Sanidadveg. Plagas.3, pp.261-271.
11. **BERRIGHI L., 2007** - *Etude de la dynamique des populations de la mineuse des agrumes Phyllocnistis citrilla STAIN (Lepidoptera ; Gracillariidae) dans la commune de Mazagan (Mostaganem)*.
12. **BICHE M., 2012** - *Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels*. Institut national de la protection des végétaux, le ministère de l'agriculture et du développement rural et F.A.O., 36p.
13. **BOUGUERRA E. H., 1993** - *Etude des transferts couplés conduction-convection-rayonnement dans les milieux semi-transparents par la méthode des ordonnées discrètes* (Doctoral dissertation, Poitiers).

Références bibliographiques

14. **BOUKHIRANE R., 2015** - *Variation des champignons parasites et prédateurs des nématodes à galles Meloidogyne spp (Nematoda, Meloidogyridae) sur cultures maraichères en variation de quelques paramètres.* U.S.D.B.1, P.P.D., 70p.
15. **BUYCK B., 1986** - Première contribution à un inventaire des champignons nématophages en Belgique. *Mycologia Belgica*, n°9, pp. 27-36.
16. **C.L.A.M., 2007** - *Comité de Liaison de l'Agrumiculture Méditerranéenne. Les exportations d'agrumes du bassin Méditerranéen. Statistiques, évaluations, répartitions, situation 2006-2007.* 121p.
17. **C.N.C.C. 2015** - *Bulletin des Variétés d'agrumes.* Centre National de Contrôle et Certification des semences et Plants (C.N.C.C.). El-Harrach, Alger, 306p.
18. **CALABRESE F., 2002** - *Origin and history.* In: Dugo G. et Di Giacomo A. (eds.). *Citrus. The Genus Citrus.* Taylor and Francis Group, London, pp. 1-15.
19. **CASTILLO P. et VOVLAS N., 2002** - Factors affecting eggs hatch of *Heterodera mediterranea* and differential responses of olive cultivars to infestation. *J. Nematol.* 34: 146-150.
20. **CAYROL J.C, DJIAN C. et FRANKOWSKI J.P., 1992** - Efficacy of Avermectins for the control of root-knot nématodes. *Nematologica* (sous presse)
21. **CAYROL J.C., 1980** - *Les nouvelles perspectives de lutte contre les nématodes.* Ed. A.C.T.A., Paris, pp.23-24.
22. **CAYROL J.-C., 1983** - Lutte biologique contre les *Meloidogyne* sp. au moyen d'*Arthrobotrys irregularis*. *Rev. Nematol.*, 6 (2): 265 - 273.
23. **CAYROL J. C., VELASQUEZ- DOMINGUEZ M. et LEVAUX P., 1982** - Etude préliminaire sur les possibilités d'utilisation des champignons parasites comme agents de lutte biologique1. *EPPO Bulletin*, 12 (4) : 497-503.
24. **CHAUVEL A., 1977** - *Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Evolution et réorganisation des sols rouges de moyenne Casamance.* Trav. Doc. ORSTOM (Paris) n°62,532 p.
25. **COHN E., 1972** - *Nematode diseases of citrus.* In: Webster, J.M. Ed. *Economic Nematology*, Academic Press, London, pp. 215-244.
26. **COOKE R.C., 1964** - Ecological characteristics of nematode-trapping Hypho- mycetes: II. Germination of conidia in soil. *Ann. Appl. Biol.* 54: 375-379.
27. **COOKE R.C., 1968** - Relationships between nematode destroying fungi and soil borne phytonematodes. *Phytopathology*, 58: 909-913.
28. **COURBOULEX M. et DE LORRAIN H., 1998** - *Les agrumes.* Ed.Rustica. 21 p.

Références bibliographiques

29. COURBOULEX M., 2010 - *Les agrumes*. Ed. Rustica. 120 p.
30. D.S.A., 2008 - *les statistiques : campagne agricole 2008*, direction des services agricoles – wilaya de Blida.
31. DACKMAN C. et NORDBRING-HERTZ B., 1985 - Fungal parasites of the Cereal Cyst Nematode *Heterodera avenae* in southern Sweden. *Journal of Nematology*, 17(1): 50-55.
32. DENBELDER E., 1994 - Trapping of root-knot nematodes by adhesive hyphae forming fungus *Arthrobotrys oligospora*. *Conf. Inter. Icarda, Aleppo*, 16 (21): 16 - 25.
33. DOUMANDJI-MITICHE B. et DOUMADJI S.E., 1993 - *La lutte biologique contre les déprédateurs des cultures*. O.P.U. Alger, 94p.
34. DUNCAN L W., 2005 - *Nematode parasites of citrus*. In: *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. Eds. M. Luc, R.A. Sikora and J. Bridge. 2nd Ed. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 593- 607.
35. DUNCAN L.W. et COHN E., 1990 - *Nematode parasites of citrus*. In: *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. University of Florida, IFAS, Citrus Research and Education Center, 700 Experiment Station Road, Lake Alfred, Florida 33850, USA., pp.321-346.
36. DUNCAN, L. W., 1999 - *Nematode diseases of Citrus*. In: Timmer, L. W. & Duncan, L. W. (Eds.). *Citrus Health Management*, APS Press, St. Paul, MN, USA, pp.136-148.
37. ER-RAKI S., 2007 - Estimation des besoins en eau des cultures dans la région de Tensift Al Haouz : Modilisation, Expérimentation et Télédétection, Thèse Docteur, Université CADI AYYAD, faculté des sciences emlalia – Marrakech, pp.8-9.
38. F.A.O.S.T.A.T., 2019-*Food and agriculture data*. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
39. GHELAMALLAH A., 2005 - *Etude bio écologique du complexe parasitaire inféodé à *Phylocnistis citrella* Stainton dans la région de mostaganem*. Mém. Ing. Agro., spécialité : protection des végétaux. Université de Mostaganem, 65 pages.
40. GRAY N.F., 1988 - *Fungi attacking vermiform nematodes*. In: *Diseases of nematodes*. Poinar, G.O. & Jansson, H.B. (Eds.), pp. 3-38. CRC Press Inc., BocaRaton, Florida.
41. GRIFFON M. et LOEILLET D., 2000 - Production et consommation d'agrumes dans le monde. Evolution et éléments de perspective. *Comptes rendus de l'académie d'agriculture de France*, 86(8) : 255-275.
42. GUENOUNI et KACEMI, 2013 - *Créations d'un verger agrumicole (cas du citronnier) dans la région de mostaganem*.
43. HAMMACHE M., 1994 - Etude préliminaire de quelques aspects de lutte biologique contre les Meloidogyne sous serres en Algérie. Thèse Mag., Inst., Agro., El-Harrach, 66 p.

Références bibliographiques

44. HYDE K.D., SWE A. et ZHANG K.Q., 2014 - *Nematode-trapping fungi*, p 1–12. In Zhang KQ, Hyde KD (ed), *Nematode-Trapping Fungi*. Springer, Dordrecht, The Netherlands. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-8730-7_1.
45. INSERRA R.N., DUNCAN L.W., O'BANNON H. et FULLER S.A., 1994 - *Citrus nematode biotypes and resistance of citrus rootstocks in Florida*. Florida. Dept. Agric. & Consumer Serv. Div. Pl. Ind., *Nematol. Circ.*, 205, 4 p.
46. ISMAN M. B., 2006 - Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.*, 51: 45-66.
47. JONSSON H.B. et LOPEZ-LLORCA L. V., 2001 - *Biology of nemato-phagous fungi*. In: *Mycology: Trichomycetes other fungal groups and mushrooms*. Ed. Misra J.K and Horn B.W., Science Publishers: pp.145-173.
48. KALLEL S., LOUHICHI A. et B'CHIR M. M., 2006 - Résistance de *Citrus aurantium* induite par le *Poncirus trifoliata* vis à vis de *Tylenchulus semipenetrans* COBB. *Nematology* 8 : 671-679.
49. KALLEL S. et LABIADH M., 2010 - Comportement de la communauté des champignons prédateurs isolée dans la rhizosphère d'agrumes infestée par *tylenchulus semipenetrans*. *Nematol. medit.* 38 : 135-146.
50. KARMARRE C., 1969 - *Etude de l'agressivité de quelques champignons prédateurs vis à vis des nématodes phytoparasites du genre Meloidogyne*. Mémoire de fin d'étude. I.NR.A. Antibes,4.
51. KERRY B. R., 1988 - Fungal parasites of Cyst Nematodes. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 24 : 293-305.
52. KERRY B.R., 1992 - Commande biologique des nématodes : perspectives et occasions. *Rev. Nematol.*, Vol. 30 (1): 172 – 178.
53. KHANZADA S. A., IQBAL A., MUNIR A., BURNEY K., HAMEED S. et REHMAN H. U., 2008 - Incidence and distribution of citrus nematode *Tylenchulus semipenetrans* in citrus orchards of Punjab. *Pakistan Journal of Nematology*, 26(1), 51-58.
54. KHIAR S., 2014 - *Etude des variations saisonnières des communautés de nématodes d'un verger de Citrus dans la wilaya de Tizi – Ouzou.*, Ing. d'état en Sci. Agronomique, Prot. des Végétaux, USDB, 61p.
55. KRIBI S., 2005 - *Décomposition des matières organiques et stabilisation des métaux lourds dans les sédiments de dragage*. Thèse de doctorat, Ecole des Mines d'Albi. Lyon. 224 p.

Références bibliographiques

56. LABORDE J., DELMAS J. et D'HARDEMARE, G., 1968 - Note préliminaire sur quelques aspects de l'équilibre microbiologique des composts. *Mushroom science*. 7 : 187-203
57. LAROUCHE A.R., 1983 - *La matière organique et ses composeurs*. Ed. Ecologie. Agriculture projet, pp.1-5.
58. LOUSSERT R., 1987 - *Les agrumes 2 production*. Ed Scientifiques Universitaires Mkalles- Mar Roukoz. Liban. 157 P.
59. LOUSSERT R., 1989 - Techniques agricoles méditerranéennes, les agrumes. Ed. L'agriculture Lavoisier, Paris. Vol I et II. pp.03-41.
60. MALCOM P., 2006 - *History of citrus*. [Http://www.submityourarticle.com/articles/Patrick-Malcom-1285/lemon7969.php](http://www.submityourarticle.com/articles/Patrick-Malcom-1285/lemon7969.php).
61. MANKAU R., 1962 - Ecological relationships of precious fungi associated with Citrus nematode. *Phytopathology*, n°54, pp.14-35.
62. MATMATI L., 2005 - *Implication des composés phénoliques dans les phénomènes de défense naturelle des Citrus aux attaques de Phyllocnistis citrilla STAIN (Lepidoptera ; Gracillariidae) en Algérie*.
63. MENSI I., KALLEL S. et NAMOUCCI-KACHOURI N., 2011 - Recherches sur des antagonistes naturels d'*Heteroderan* sp dans diverses conditions de cultures de blé dur *Triticum durum* en Tunisie. *Nematol. Medit.* 39 : 141-149.
64. MOKRINI F., JANATI S., ANDALOUSSI F. A., ESSARIOUI A., HOUARI A., et SBAGHI M., 2018 - Importance et répartition des principaux nématodes phytoparasites des agrumes au Maroc. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 6(4) : 558-564.
65. NAMMOUCHI N., 1986 - *les possibilités et limites de l'utilisation des hyphomycètes prédateurs en lutte biologique contre les Meloidogyne sp.sous abris serres*.I.N.A.T. Mémoire de fin d'étude de cycle de spécialisation,105 p.
66. NORDBRING-HERTZ B., JANSSON H.B. et TUNLID A., 2006 - Nematophagous Fungi. *ENCYCLOPEDIA OF LIFE SCIENCES*, Ed. John Wiley & Sons.12p.
67. NORDBRING-HERTZ B. et STOLHAMMAR-CARLEMALM M., 1978 - Capture of nematode by *Arthrobotrys oligospora*, an electron microscope study. *Can. J. Bot.*, 56: 1297-1307.
68. O'BANNON, J.H. et REYNOLDS H.W., 1967 - The effects of chemical treatments of *Tylenchulus semipenetrans* and citrus tree response during 8 years. *Nematologica*, 13: 131-136.

Références bibliographiques

69. **PARLORAN J C., 1971** - *Les agrumes*. Ed. Maison neuve et la rousse, Paris, 565p.
70. **PELOILLE M., 1981** - *Etude des Hyphomycètes prédateurs de Nématodes rencontrés sur une prairie du Limousin : Morphologie Physiologie - Fréquence et distribution*. Thèse de l'Université de Rennes, 106 p.
71. **PELOILLE M., 1981** - Les Hyphomycetes prédateurs de Nématodes : phénomène de prédation ; écologie ; utilisation en lutte biologique. *Agronomie*, 1(4) : 331-337.
72. **PERSMARK L. et JANSSON H. B., 1997** - Nematophagous fungi in the rhizosphere of agricultural crops. *FEMS Microbiology Ecology*, 22(4): 303-312.
73. **PERVEZ I., T. MUKHTAR et FAIZ M., 2003** - Occurrence of citrus nematode (*Tylenchulus Semipenetrans*) in Sargodha district. *J. Res. (Sci.)*, Bahauddin Zakariya Univ. Multan. 14(1): 91-95.
74. **PHILLIP J., 2001** - *Nematophagous fungi*. Guide of fungus. pp. 1-2.
75. **POLESE J. M., 2008** - *La culture des agrumes*. Ed. artémis. pp. 94.
76. **PRALORAN J. C., 1971** - *Les agrumes, techniques agricoles et productions tropicale*. Ed. Maison neuve et La rose, Paris, 561 p.
77. **REBOUH D., 2014** - *L'étude de l'infestation des différentes cultures maraichères par les nématodes à galles Meloidogyne (Nematoda, Meloidogynidae). Evaluation de la mycoflore prédatrice et parasite*. Mém. Mast.U.S.D.B.1, P.P.A., 69 p.
78. **REBOUR, H., 1966** - *Manuel de culture des Citrus pour le bassin Méditerranéen*. Ed. Bailliére et fils, Paris : 264p.
79. **SABRI K. ,2008** - Variation de la mycoflore parasite et prédatrice des nématodes à galles (*Meloidogyne* sp) en fonction de quelques paramètres des sols. Thèse mag., E.N.S.A., El-Harrach, Alger, 98p.
80. **SASSER J.N., 1989** - *Plant parasitic nematodes the farmer's hidden enemy*. A cooperative publication of the Department of Plant Pathology and the Consortium for International Crop Protection, Raleigh, USA.
81. **SAUNKARANARAYANAN C., HUSSAINI S.S., KUMAR P.S. et RANGESHWARAN R., 2000** - Biological control of *Meloidogyne incognita* (Kofoid and white 1919) Chitwood 1949 on tomato by *Verticillium chlamyosporium* goddard cultured on different substrates. *Nemato. Abst.*, Vol.70, n° 2 (résumé).
82. **SHERBER C., 1995** - Champignons carnivores – Vue d'ensemble des espèces. *Rev. Das Taublat*, 33: 1 - 2.
83. **SIDDIQUI Z. A. et IRCHADI M., 1996** - Biological control of plant parastic nematodes by fungi. *Bioresource Technology*, 58: 229-239.

Références bibliographiques

84. SKIREDJ A., 2007 - *Notion de base sur l'absorption des racines*. Département d'Horticulture /IAV Hassan II/ Rabat/ Maroc.
85. SORRIBAS F.J., VERDEJO-LUCAS S., PASTOR J., ORNAT C., PONS J. et VALERO J., 2008 - Population Densities of *Tylenchulus semipenetrans* Related to Physicochemical Properties of Soil and Yield of Clementine Mandarin in Spain. *Plant Dis.*, 92: 445-450.
86. STRILING G. R., 1991 - *Biological Control of Nematodes: Progress Problems and prospects*. Ed.CAB International, Wallingford Oxon, 282 p.
87. SWE A., JEEWON R., POINTAGE S.B. et HYDE KD., 2009 - Diversité et abondance des champignons piègeurs de nématodes provenant des déchets en décomposition dans les habitats terrestres, d'eau douce et de mangrove. *Biodiversity and Conservation*, 18 : 1695–1714. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-008-9553-7>
88. TABULA T. K., MADOUNGOU P. et BAYONNE L., 2005 - Effets de l'iboga (*Tabernanthe iboga* Baillon) sur les nématodes à galles (*Meloidogyne* sp.) parasites de tomate. *Tropicultura*, 23 (1), 6-10.
89. TRIKI M., 2011 - Contribution à l'étude de diversité nématologique dans quelques vergers d'agrumes de la Mitidja. Projet de Fin d'Etude, Ing. D'état en Sci. Agronomique, Prot.des Végétaux, USDB, 69p.
90. TUSET J. J. et GARCIA J., 1986 - Problemarica en el control dei nematodo de los agrios (*Tylenchulus semipenetrans* Cobb.) Tratamientos con nematicidas sólidos. *Levante Agric.*, 267-268 : 73-78
91. VERDEJO-LUCAS S., 1992 - Seasonal population fluctuations of *Meloidogyne* spp. and the *Pasteuria penetrans* group in kiwi orchards. *Plant Dis.*, 76 : 1275-1279.
92. VERDEJO-LUCAS S., SORRIBAS F. J., FORNER J. B. et ALCALDE J. A., 1995 - *Niveles poblacionales dei nematodoTylenchulus semipenetrans en plantaciones de citricos*.4th Congr. Sac. Esp. Ciene. hart.,Bareelana, Spain, pp.25-28.
93. ZHANG L., ZHOU Z., GUO Q., FOKKENS L., MISKEI M., POCSI I., ZHANG W., CHEN M., WANG L., SUN Y., DONZELLI B.G., GIBSON D.M., NELSON D.R., LUO J.G., REP M., LIU H., YANG S., WANG J., KRASNOFF S.B., XU Y., MOLNAR I. et LIN M., 2016 - Aperçu des adaptations à un mode de vie endoparasitaire de nématode presque obligatoire à partir du génome fini de *Drechmeria coniospora*. *Sci Rep.* 6 : 23122. <http://dx.doi.org/10.1038/srep23122>
94. ZHANG Y, LI G, ZHANG K., 2011 - Revue de la recherche sur les espèces fongiques nématophages. *Mycosystema*, 30 : 836–845.

Références bibliographiques

Liens :

1. ANONYME, 2021 - <https://agronomie.info/fr/les-ennemis-des-agrumes-nematodes-ravageurs-maladies/> (Consulté 25/05/2021)
2. ANONYME, 2021-<https://citricas.com/el-minador-de-la-hoja-de-los-citricos/> (consulté le 25/5/2021).
3. ANONYME, 2021 - <https://www.cabi.org/isc/datasheet/6221> (consulté le 25/5/2021).
4. ANONYME, 2014 -https://influentialpoints.com/Gallery/Aphis_gossypii_melon_or_cotton_aphid.htm (consulté le 25/5/2021).
5. ANONYME, 2021 - <https://www.cabi.org/isc/datasheet/18698> (Consulté le 25/05/2021).
6. ANONYME, 2014 <https://influentialpoints.com/Gallery/ToxopteraaurantiiCamelliaaphidBlackcitrusaphid.htm>(consulté le 25/05/2021).
7. ANONYME, 2021 - <https://alchetron.com/Aceria-sheldoni> (Consulté le 27/05/2021).
8. ANONYME, 2019 - <http://nemaplex.ucdavis.edu/Taxadata/G139s1.aspx> (Consulté le 27/05/2021).

Annexe

Questionnaire

Région :

Domaine :

Lieu :

Ancienneté de verger :

Surface de verger :

Nombre des arbres :

La culture en place :

Les variétés cultivées :

Nature de sol :

Méthodes culturales utilisées :

Principe de la désinfection des sols :

- Produits utilisés :
- Sur combien d'années :
- Périodes d'utilisation du produit :
- Matériel utilisé :
 - Pal. Injecteur
 - Pal. Injecteur tracté
 - Seau

Irrigation utilisée :

La fertilisation :

Autres produits utilisés pour lutter contre d'autres maladies :

Différents modes opératoires et matériels et matériels utilisés pour les analyses pédologiques.

1. Mode opératoire de l'humidité

- **Matériels utilisés :**

- Balance.
- Sol.
- Capsule.
- Etuve.

- **Méthode de travail :**

- Peser la capsule.
- Peser 20g de sol.
- Incubation du sol dans l'étuve à 105°C pendant 24 h pour se sécher.
- Après 24h, on pèse le sol sec.
- Calculer l'humidité du sol en faisant la différence entre le poids initial et le poids finale.

2. Mode opératoire de pH eau

- **Matériels utilisés :**

- La balance
- Les échantillons du sol
- Flacons d'agitation de 250 ml
- L'eau distillée
- Agitateur magnétique
- Fioles
- Entonnoirs
- Papier filtre
- Béchers de 50 ml

- pH mètre

- **Méthode du travail :**

- Peser 20g de sol et les introduire dans les flacons.
- Ajouter 50ml d'eau distillée.
- Mettre les flacons à l'agitateur.
- Agiter pendant 30 mn.
- Filtrer la solution à l'aide du papier filtre.
- Verser la solution filtrée dans les béchers
- Mesurer le pH du sol en plongeant son électrode dans la solution.
- Lire la valeur lorsque la lecture se stabilise.

3. Mode opératoire de conductivité électrique

- **Matériels utilisés :**

- La balance
- Les échantillons du sol
- Flacons d'agitation de 250 ml.
- L'eau distillée.
- Agitateur magnétique.
- Fioles.
- Entonnoirs.
- Papier filtre.
- Béchers de 50 ml.
- Conductimètre cataluné par Hcl (1/10).

- **Méthode du travail :**

- Peser 20g de sol et les introduire dans les flacons.
- Ajouter 50ml d'eau distillée.

- Mettre les flacons à l'agitateur.
- Agiter pendant 30 mn.
- Filtrer la solution à l'aide du papier filtre.
- Mesurer la conductivité électronique avec le conductimètre.

4. Mode opératoire de matière organique

- **Matériels utilisés :**

- Echantillon de sol
- Balance
- Erlenmeyer
- Solution de $K_2Cr_2O_7$
- H_2SO_4
- Plaque chauffante
- Eau distillée
- Diphénylamine
- Solution Naf 3%
- Sel de MOHR.
- Pipette de robinson

- **Méthode de travail :**

Dans un erlenmeyer, mettre successivement :

- 2g de sol.
- 10ml de $K_2Cr_2O_7$ à 8%.
- 15ml de H_2SO_4 .
- Couvrir l'erlenmeyer d'un verre de montre ou mieux l'adapter à un réfrigérant ascendant pour éviter les vapeurs.

- Porter à ébullition, la durée d'ébullition est de 5 mn après formation de la première goutte de condensation.
 - Laisser refroidir et ajouter 150 ml d'eau distillée, homogénéiser.
- ✓ Pour titrer :
- Prélever 20 ml de cette solution qu'on introduit dans un ballon de 250 ml contenant 150ml d'eau distillée.
 - Ajouter 3-4 gouttes de diphénylamine (indicateur faisant passer la solution du brun violace au bleu verdâtre en présence d'un excès de sel réducteur).
 - Ajouter 5ml de la solution de NAF à 3%.
 - titrer avec la solution de sel de MOHR 0,2N.
 - Noter le volume n° de sel de MOHR obtenir le virage de sel de MOHR utilisé pour obtenir le virage au bleu verdâtre.

5. Mode opératoire de calcaire totale

Nous avons faire un test de la présence de calcaire, en mettant un échantillon du sol prélevé dans un bécher, et de verser une petite dose d'acide chlorhydrique avec une pipette. On observe l'absence des bulles, soit un processus d'effervescence qui relevé la présence de calcaire, donc notre sol ne contient pas de calcaire.

6. Mode opératoire de la densité apparente

- **Matériels utilisés :**

- Les échantillons du sol.
- Cylindre.
- Coupelles.
- Etuve.
- Balance.

- **Méthode de travail :**

- Enfoncer le cylindre dans le sol.
- Récupérer le sol du cylindre.

- Le mettre à l'étuve pour évaporation de l'eau pendant 24h à 105C°.
- Après 24h on pèse le sol sec.
- Calculer la densité apparente du sol : le poids du sol sec sur le volume du cylindre.

7. Mode opératoire de l'analyse granulométrique

❖ Destruction de la matière organique :

- Peser 20 g de sol sèche tamisé à 2mm et les mettre dans un bécher.
- Ajouter 50ml de H₂O₂ à 10 volumes.
- Porter sur une plaque chauffante à une température de 85-90 c° jusqu'à disparition de l'effervescence.
- Après cessation de l'effervescence chauffer encore pendant 2 mn pour éliminer H₂O₂ en terminant par 10 min d'ébullition.
- Vérifier l'absence de H₂O₂ par (K Mn O₄) à la touche.
- Laisser refroidir.

❖ Décarbonatation

- Ajouter 100 ml d'une solution d'HCl préparée à partir de Hcl 12N, ce volume doit renfermer (3,3. % CaCO₃) ml d'HCl 12N
- Porter à ébullition pendant 15 minutes et laisser refroidir,
- Ajouter de l'eau distillée jusques au 3/4 du bécher, agiter et laisser décanter.
- Siphonner le liquide clair en évitant les pertes de particules.
- Effectuer environ trois lavages par décantation avec 400 à 500 ml d'eau distillée.
- Faire le test avec AgNO₃ dans les eaux de lavage pour contrôler la complète élimination d'Hcl.
- Pour décalcification de l'échantillon, ajouter 100 ml de kcl 0,1N autant de fois si nécessaire, laisser déposer puis décanter sur filtre. Répéter l'opération deux autres fois.
- Faire passer toute la terre sur le filtre à l'aide d'un jet de kcl 0,1N après la troisième décantation.

- Continuer le lavage avec kcl N/100 jusqu'à à avoir 400 à 500 ml de filtré.

❖ **Dispersion.**

- Transverser la terre dans un flacon d'un litre à col large au moyen d'eau distillée sans dépasser le volume de 500 ml.
- Ajouter 40 ml de la solution dispersante d'hexamétophosphate de sodium.
- Ajouter 1 ml d'ammoniaque pure.
- Agiter mécaniquement à l'agitateur rotatif pendant 2 heures.

❖ **Séparation des fractions granulométriques :**

- La suspension est transversée dans une allonge d'un litre, après plusieurs rinçages du flacon d'agitation, on complète à volume avec de l'eau distillée.
- Les différentes particules se sédimentent plus ou moins rapidement selon leur diamètre.
- ✓ Séparation des fractions sableuses.
- Récupérer après agitation les sables fins et les sables grossiers sur deux tamis superposés de mailles 0,05 mm et 0,2mm.
- Rincer l'allonge à plusieurs reprises et vider les eaux de rinçage dans les deux tamis.
- Continuer par un lavage avec l'eau de robinet.
- Verser le contenu de chaque tamis dans deux capsules tarées par un jet de pissette.
- Sécher à l'étuve à 105 C° et peser les résidus secs.

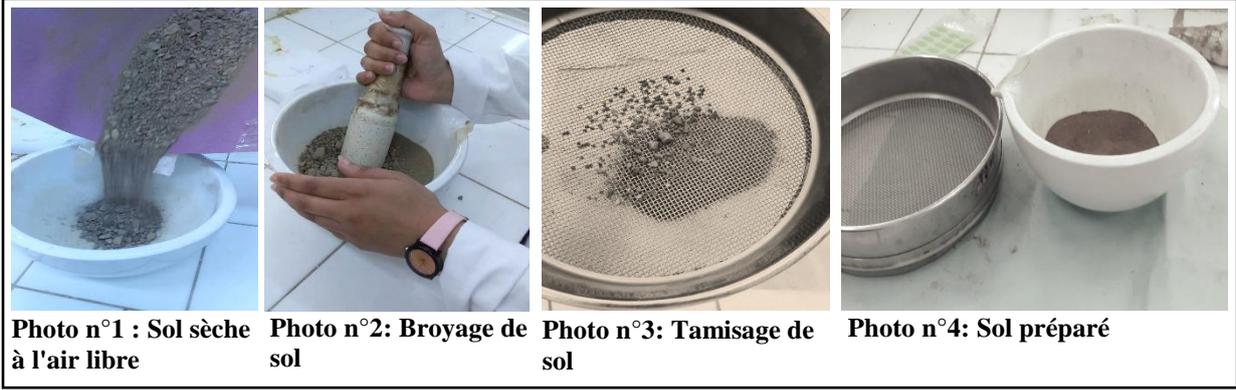


Figure n°11 : Préparation de sol (Originale, 2021)



Figure n°12 : Protocole expérimental de l'humidité (Originale, 2021)

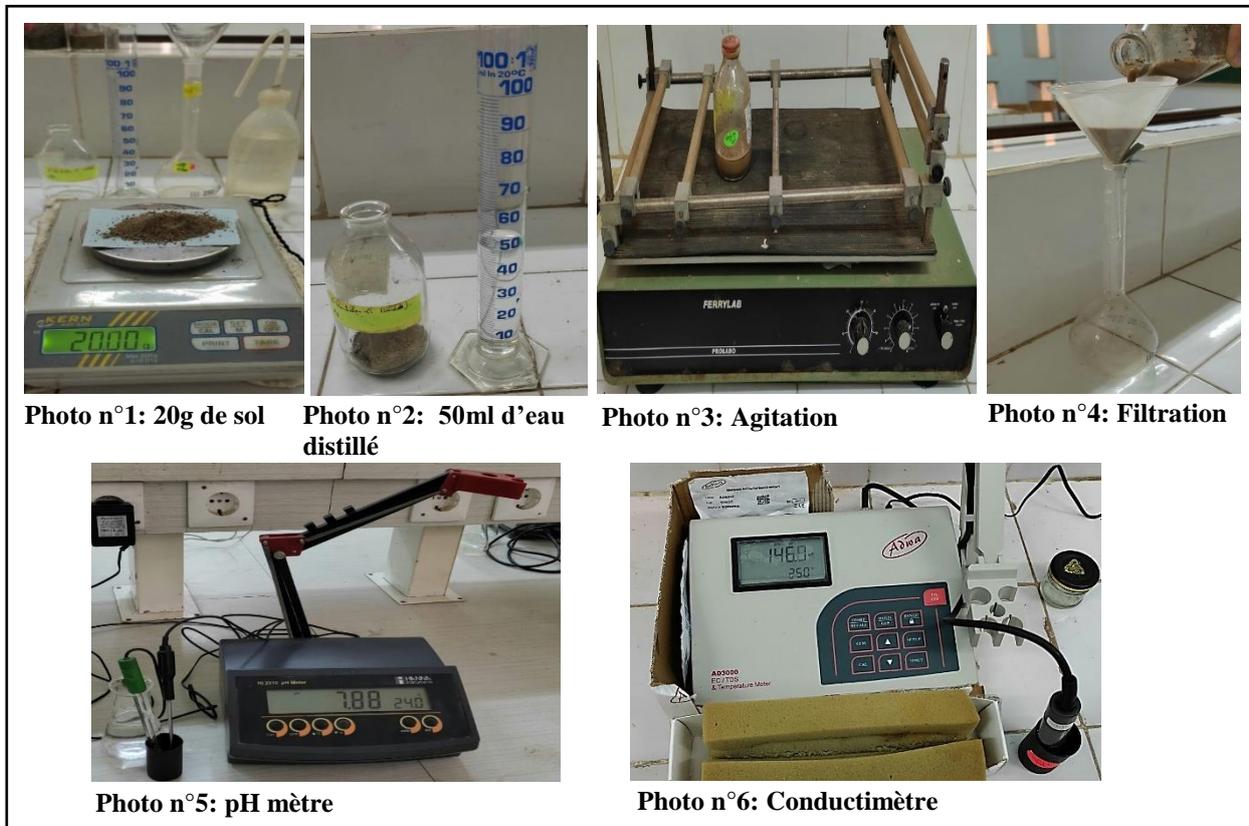


Figure n°13: Protocole expérimental de pH et CE (Originale, 2021)

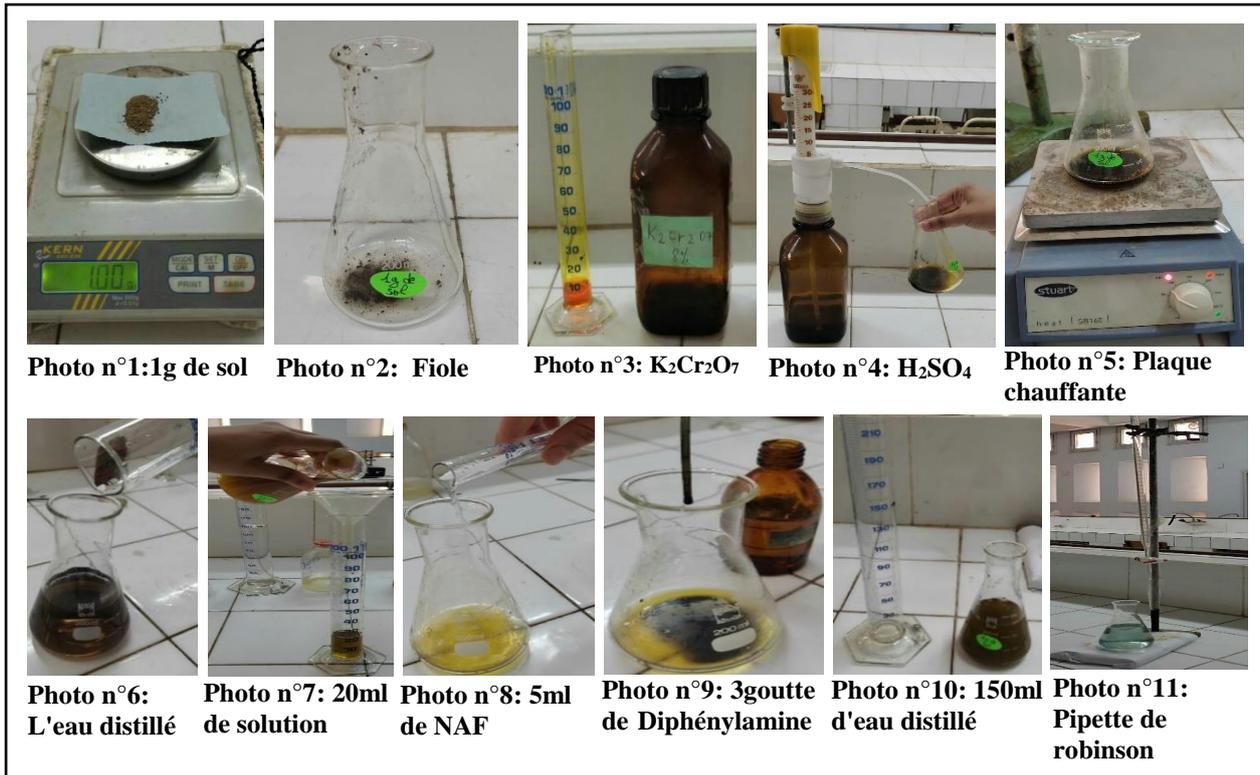


Figure n°14 : Protocole expérimental de Matière organique (Originale, 2021)



Figure n°15 : Protocole expérimental de la densité apparente (Originale, 2021)



Figure n°16 : Protocole expérimental de l'analyse granulométrique (Originale, 2021)



Figure n°17 : Triangle de texture du sol

La répartition des proportions de sable, de limon et d'argile détermine la texture du sol. Après les études analytiques du sol que nous avons faites on a pu connaître le pourcentage de chaque élément et pour obtenir la texture du sol on a suivi ses étapes :

- Il faut porter sur les trois axes les pourcentages d'argile, de limons et de sables.
- Pour chacun des points ainsi trouvés, mener une parallèle à l'axe précédent.
- L'intersection de ces trois parallèles désigne la classe du sol.

Tableau n°6 : texture de sol de la station expérimentale

Région	Texture du sol
Station expérimentale de l'université de Blida 1	Argileux-limoneuse

Tableau n°7 : Classification des champignons nématophages répertoriés

Mode de vie	Règne	Phylum	Classe	Ordre	Famille	Genre
Prédateur	Fungi	Denteromycota	Denteromycetes	Moniliales	Moniliaceae	<i>Arthrobotrys</i>
Prédateur	Fungi	Zoopagomycota	Zoopagomycotina	Zoopagales	Zoopagaceae	<i>Stylopage</i>
Prédateur	Fungi	Ascomycota	Sordariomycetes	Incertaesedis	Plectosphaerellaceae	<i>Verticilium</i>
Prédateur	Fungi	Denteromycota	Denteromycetes	Moniliales	Moniliaceae	<i>Dactylaria</i>
Parasite des œufs	Fungi	Zygomycota	Zygomycetes	Mucorales	Mucoralaceae	<i>Rhopalomyces</i>

