

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET LA VIE
DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master académique

En Sciences de la nature et de la vie

Option : Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Thème

**Etude de la variation des champignons nématophages
sur cultures maraichères**

Présenté par :

M^{elle} FERHAT Nesrine et M^{elle} ORABI Rym

Membre du jury :

Présidente	Mme DJENNAS-MERRAR K.	M.C.B.	U.S.D.B.1
Promotrice	Mme SABRI K.	M.A.A.	U.S.D.B.1
Examinatrice	Mme BOUCHNAK F.	M.C.B.	U.S.D.B.1

Année universitaire : 2018/2019

Remerciements

Au terme de ce travail, avant tout nous désirons adresser tous nos remerciements au tout puissant

ALLAH qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier notre promotrice **Madame Sabri K.** pour nous avoir guidé dans la pratique de notre travail de recherche, pour son soutien moral et pour ses précieux conseils qu'elle nous a prodigué.

Nous voudrions également remercier les membres du Jury :

Mme Bouchnak F. et Mme DJENNAS-MERRAR K. pour avoir accepté d'évaluer et d'examiner ce travail et pour toutes leurs remarques et critiques

Notre profonde gratitude va également à **Mme Amina**, ingénieur du laboratoire de Zoologie pour sa disponibilité et pour le temps consacré.

Notre profonde gratitude va également à **Mme Djamila, Mme Felita K., Mr Abderahmane et Mr Bounekhla M.** pour leur disponibilité et pour le temps consacré.

Nous remercions sincèrement nos **très chers parents**, qui ont toute notre gratitude pour leur sacrifice éternel et qui ont fait tout leur possible pour la réussite de nos études.

Et enfin nous remercions de tout notre cœur **tous les professeurs de la spécialité** Phytopharmacie et Protection des Végétaux et **les étudiants de notre promotion**, et plus particulièrement ceux avec qui nous avons partagé cette période de formation au Laboratoire de zoologie.

Ferhat Nesrine et Orabi Rym

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour le respect, la reconnaissance. Aussi, c'est tout

Simplement Je souhaite qu'Allah vous préserve une longue vie.

Un grand merci à Madame **Sabri k.** dem'avoir encadré et j'en suis très honorée. Je vous remercie pour votre implication et vos nombreux conseils.

Mes sœurs et mes frères :

Wissem, Wassim, Fatima et yahia Je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

A tous les membres de ma famille Ferhat et Haddoun

A mon fiancé MOUHAMED

Tu m'as toujours soutenu et réconforté, tu es et tu resteras toujours ma source d'encouragement.

A ma belle-mère et ma belle-sœur Meriem

Je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

A Toi ma binôme Rym Orabi je te souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

A tous mes enseignants :

Merci de votre soutien

Mes chères cousine et amies

Warda ,Narimen, HADJER et NAWEL , je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

Melle FERHAT Nesrine

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour le respect, la reconnaissance. Aussi, c'est tout simplement Je souhaite que Allah vous préserve une longue vie.

Un grand merci à Madame **Sabri k.** m'avoir encadré et j'en suis très honorée.

Je vous remercie pour votre implication et vos nombreux conseils.

Ma sœur et mon frère :

Duoaa et chemse ddine Je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

A tous les membres de ma famille Orabi

A mon fiancé Sif eddine et sa famille

Merci de votre soutien et de votre bonne humeur

A toi ma binôme FERHAT NESRINE je te souhaite une vie pleine de santé et de bonheur

A tous mes enseignants :

Merci de votre soutien

Mes chères amie et proche :

Souhila et zineb , Yasmine , Ichrak , Messad , Chaima , Rawan , Noussaiba , Farah.

Melle Orabi Rym

Table des matières
SOMMAIRE
REMERCIEMENTS

DEDICACES

RESUMES

ABSTRACT

ملخص

SOMMAIRE

LISTE D'ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION.....	1
Partie 1 : Analyse bibliographique.....	
Chapitre I : Synthèse bibliographique sur le nématode <i>Meloidogyne</i> sp	
I.1. Généralités sur les nématodes phytoparasites.....	3
I.2. Description morphologique du genre <i>Meloidogyne</i>	3
I.3. Position systématique du genre <i>Meloidogyne</i>	3
I.4. Distributio géographique.....	4
I.5. Biologie et cycle de vie.....	4
I.6. Symptômes.....	6
I.7. Méthodes de lutte contre les <i>Meloidogyne</i> sp.....	7
I.7.1. Méthodes physiques.....	7
a) Désinfection par la vapeur.....	7
b) Solarisation.....	8
I.7.2. Méthodes culturales	8
a) Mesures sanitaires.....	8
b) La rotation	8
I.7.3. Lutte chimique.....	8
I.7.4. Les plantes résistantes.....	9
I.7.5. Méthodes biologiques.....	10

I.7.6. La lutte intégrée.....	10
Chapitre II.A : Généralité sur la tomate.....	11
II.A.1. Origine et historique.....	11
II.A.2. Classification botanique.....	11
II.A.3. Description botanique.....	12
II.A.3.1. Le système racinaire.....	12
II.A.3.2. La tige.....	12
II.A.3.3. Les feuille.....	12
II.A.3.4. La graine.....	13
II.A.3.5. La fleur.....	13
II.A.3.6. Le fruit.....	13
II.A.4. Le cycle biologique de la tomate.....	14
II.A.4.1. La germination.....	14
II.A.4.2. La croissance.....	14
II.A.4.3. La floraison.....	14
II.A.4.4. La pollinisation.....	15
II.A.4.5. La fructification et la maturité des fruits.....	15
II.A.5. Caractéristiques physiologiques de la tomate.....	15
II.A.5.1. Les exigences climatiques.....	15
II.A.5.1.1. La température.....	15
II.A.5.1.2. La lumière.....	16
II.A.5.1.3. L'eau et l'humidité.....	16
II.A.5.2. Les exigences édaphiques.....	17
II.A.5.2.1. Le sol.....	17
II.A.5.2.2. La température du sol.....	17
II.A.5.2.3. Le pH du sol.....	17
II.A.5.2.4. La salinité du sol.....	17
II.A.6. Importance économique de la tomate.....	18
II.A.6.1. Importance dans le monde.....	18
II.A.6.2. Superficies et production de la tomate en Algérie.....	19
II.A.7. Principales maladies et ravageurs de la tomate.....	19
Chapitre II.B : Généralité sur la courgette.....	

II.B.1. Origine et historique.....	21
II.B.2. Classification botanique.....	21
II.B.3. Description.....	22
II.B.4. Les conditions pédoclimatiques de la courgette.....	22
II.B.4.1. Les exigences climatiques.....	22
II.B.4.1.1. Le climat.....	22
II.B.4.1.2. Eau et humidité.....	22
II.B.4.1.3.La lumière	23
II.B.4.2. Les exigences édaphiques	23
II.B.4.2.1.Le sol.....	23
II.B.4.2.2.Le pH-eau.....	23
II.B.4.2.3.La salinité du sol.....	24
II.B.4.3.Principales maladies et ravageurs de courgette	24
PARTIE 2: TRAVAIL EXPERIMENTAL	
CHAPITRE III : Matériel et méthodes.....	
III.1. Objectif du travail.....	27
III.2 choix des régions d'études et de culture.....	27
III.3 Présentation des stations d'étude.....	27
III.3.1. la région de Boufarik	27
III.3.2.la région d'Attatba.....	28
III.4. Matériel	30
III.4.1. Sur terrain.....	30
III.4.2. Au laboratoire.....	30
III.5. Méthodes de travail	31
III.5.1 questionnaire.....	31
III.5.2.Technique d'échantillonnage.....	31
III.5.3.Milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar).....	33
III.5.4. Isolement des différentes espèces de champignons à partir du sol.....	33
III.5.5 Conditions d'incubation.....	33
III.5.6 Détermination des champignons nématophage prédateur et parasite.....	35
III.6. Les caractéristiques des sols.....	35

III.6.1.L'étude analytique du sol.....	35
Chapitre IV. : Résultats et discussions.....	36
IV.1. Importance du questionnaire	36
IV.2. Caractérisation des sols étudiés	36
• L'humidité	36
• Le pH-eau	37
• La conductivité électrique	39
• La matière organique	40
• Le calcaire.....	41
• Le calcium.....	42
IV.3. Evaluation quantitative et qualitative de la mycoflore (champignons prédateurs et parasites) utilisée en lutte biologique contre les <i>Meloidogyne</i>	43
IV 3.1 Espèces de champignons nématophages prédateurs et parasites des nématodes déterminées.....	43
IV.3.2 Description de différents genres et espèces de champignons nématophages	43
IV .4. La fréquence des champignons nématophages.....	49
IV.5 Analyse statistique.....	57
IV.6. Discussion.....	61
Conclusion	
Références	
Annexes	

Liste des figures

Fig n°1	Cycle de développement de <i>Meloidogyne</i>	5
Fig n°2	Dégâts de <i>Meloidogyne</i> sur racine.....	6
Fig n °3	Situation géographique des deux régions Boufarik et Attatba	29
Fig n°4	Protocole expérimental sur terrain.....	32
Fig n°5	Les différentes étapes du protocole expérimental au laboratoire	34
Fig n°6	Le taux de l'humidité des six sols étudiés.....	37
Fig n°7	La mesure de pH-eau des six sols étudiés.....	38
Fig n°8	La mesure de la conductivité électrique des six sols étudiés.....	39
Fig n° 9	Le taux de matière organique des six sols étudiés	40
Fig n°10	La mesure de calcaire de six sols étudiés.....	41
Fig n°11	La mesure de calcium des six sols étudiés.....	42
Fig n°12	Différents champignons prédateurs et parasites de <i>Meloidogyne</i> identifiés dans la région d'étude.....	48
Fig n°13	Fréquence des champignons nématophages dans la région d'Attatba (tomate kawa profondeur 10 cm).....	49
Fig n°14	Fréquence des champignons nématophages dans la région d'Attatba (tomate kawa profondeur 20 cm).....	50
Fig n°15	Fréquence des champignons nématophages dans la région d'Attatba (tomate kawa profondeur 10cm et 20cm).....	51
Fig n ° 16:	Fréquence des champignons nématophages dans la région De Boufarik (tomate cerise profondeur 10 cm.....	52
Fig n ° 17 :	Fréquence des champignons nématophages dans la région De Boufarik (tomate cerise profondeur 20 cm).....	53

Liste des figures

Fig.n°18	Fréquence des champignons nématophages dans la région de Boufarik (tomate cerise profondeur 10cm et 20cm).....	54
Fig n ° 19	Fréquence des champignons nématophages dans la région D'Attatba (courgette nour profondeur 10 cm).....	55
Fig n ° 20	Fréquence des champignons nématophages dans la région D'Attatba (courgette nour profondeur 20 cm).....	56
Fig.n°21	Fréquence des champignons nématophages dans la région'Attatba culture (courgette nour profondeur 10cm et 20cm).....	57
Fig.n°22	Effet des régions sur la répartition des champignons	58
Fig.n°23	Effet des cultures sur la répartition des champignons	58
Fig n°24	Effet des profondeurs sur la répartition des champignons nématophages.....	59
Fig n°25	La répartition des champignons nématophages selon les facteurs (cultures,variétés et profondeurs).....	60
Fig n°26	les matériels utilisés pour les analyses de sol.....	Annexe
Fig n°27	Triangle de texture du sol.....	Annexe

Liste des tableaux

Tableau n°1	Les dix Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde.
Tableau n°2	Les maladies bactériennes de la tomate
Tableau n°3	Les maladies virales de la tomate
Tableau n°4	Les ravageurs de la tomate
Tableau n°5	Les principales maladies fongiques de la tomate
Tableau n°6	Les maladies de courgette
Tableau n°7	l'étude analytique du sol
Tableau n°8	Texture de sol dans les deux régions (Boufarik et Attatba)
Tableau n°9	Analyse de la variance

Liste des photos

Photo n°1	Etat des serres prospectées.....	32
Photo n°2	Prélèvement de sol.....	32
Photo n°3	Sol collecté.....	32
Photo n°4	Agar-agar.....	34
Photo n°5	Glucose.....	34
Photo n°6	Agitateur.....	34
Photo n°7	Flacons.....	34
Photo n°8	Autoclave.....	34
Photo n° 9	Hotte.....	34
Photo n°10	Coulage.....	34
Photo n°11	Ensemencement.....	34
Photo n°12	Etuve	34
Photo n°13	<i>Stylopaga cephalote</i>	45
Photo n°14	<i>Rhopalomyces elegans</i>	45
Photo n°15	<i>Dactylaria brochopaga</i>	45
Photo n°16	<i>Arthrobotrys musiformis</i>	46
Photo n°17	<i>Dactylaria</i> sp.....	46
Photo n°18	<i>Chlorodium</i> sp.....	46
Photo n°19	<i>Verticillium lateritium</i>	46
Photo n°20	<i>Dactylella ellipsospora</i>	47
Photo n°21	<i>Harposporium anguillulae</i>	47
Photo n°22	<i>Arthrobotrys dactyloides</i>	47
Photo n°23	<i>Torula herbarum</i>	47
Photo n°24	Anneaux prédateurs.....	46
Photo n°25	Nématodes piégés.....	46

Photo n°26	Les bactérivores.....	48
Photo n°27	Photomètre.....	Annexe
Photo n°28	Minéralisateur d'azote.....	Annexe
Photo n°29	pH mètre.....	Annexe
Photo n°30	Conductimètre.....	Annexe
Photo n°31	20g du sol.....	Annexe
Photo n°32	Etuve.....	Annexe
Photo n°33	Pipette de robinson granulométrie.....	
Photo n°34	Balance.....	Annexe

Etude de la variation des champignons nématophages sur cultures maraichères.

Résumé

Les *Meloidogyne* sont probablement les plus graves ennemis des maraîchers. Ils s'attaquent à la plupart des légumes avec une certaine prédilection pour les cucurbitacées (courgettes), les solanacées (tomates).

Le but de cette étude se base sur la variation des champignons parasites et prédateurs des nématodes à galles *Meloidogyne* sp sur les cultures maraichères en fonction de quelques paramètres (analyses pédologiques des sols étudiés).

Nous avons prospecté différentes EAI (exploitations agricoles et individuelles) afin de faire une démarche sur l'état des serres, les cultures précédentes, les produits chimiques appliqués.....etc.

Notre travail s'est effectué dans deux régions (Boufarik et Attatba), les analyses pédologiques des sols étudiés montrent que la région de Boufarik se caractérise par un sol limon- argileux et la région d'Attatba se caractérise par un sol limon fin et pH variant entre 7.14 et 7.79 respectivement ce qui est favorable pour le développement des champignons nématophages.

Nous avons essayé de faire un inventaire des champignons prédateurs et parasites de nématode à galle (*Meloidogyne* sp), présents dans le sol sur deux profondeurs différentes (0-10 cm et 10-20 cm) en le prélevant frais à l'intérieure des serres prospectées. Cela nous permettra d'évaluer la présence, la fréquence des champignons nématophage s (parasites et prédateurs).

Nous avons répertorié 09 genres de champignons parasites et prédateurs : *Arthrobotry* , *Dactylaria*, *Rhopalomyces* , *Stylopage*, *Torula*, *Dactylella* et, *Verticillium* , *Chlorodium* , *Herposporium*,

Mots clés : *Meloidogyne* sp, champignons nématophages, *Arthrobotrys*, culture maraichère, analyses pédologique du sol.

Study of the variation of nematophagous fungi on vegetable crops

Abstract

Meloidogyne genus are probably the most serious enemies of farmers. They attack almost all vegetables with a certain predilection for cucurbits (zucchini) , solanaceae (tomatoes).

This study aims on varying parasitic and predatory fungi of *Meloidogyne* sp galling nematodes on market Crops according to a few parameters (pedological analysis of the studied soils).

We have explored different EAI (farms agricol and individuals) in order to make an approach on the state of greenhouses , previous crops , applied chemicals...etc.

Our work is carried out two regions (Boufarik and Attatba), the pedological analyzes of the soils studied show that the Boufarik region is characterized by a silty-clay soil and the Attatba region characterized by a fine siltr soil and pH varying ,between 7,14 and 7.79 respectively which is favorable for the development of nematophagous fungi.

We have tried to make an inventory of the predatory fungi and parasites of gallous nematode (*Meloidogyne* sp),present in the soil on two different depths (0-10cm and 10-20 cm) by taking it fresh inside the greenhouses prospected.this will allow us to evaluate the presence , the frequency of nematophagous fungi (parasites and predators).

We have identified 09 genres of fungi nematophagous (parasites and predators) *Arthrobotrys* ,*Dactylaria*, *Rhopalomyces*, *Stylopage* , *Torula* , *Dactylella* , *Verticillium* , *Chlorodium* , *Herposporium*.

Key words : *Meloidogyne* sp, nematophagous fungi, *Arthrobotrys*, vegetable growing, Physical and chemical analyzes of the soil.

دراسة تباين الفطريات نيماتوفاج على الحاصل الزراعيّة

المخلص

المليودجين هي على الأرجح اخطر اعداء البساتين يهاجمون معظم الخضروات مع ميل للقرعيات الكوسة و الطمامم تهدف هذه الدراسة الى تباين الفطريات الطفيلية و المفترسة للديدان الخيطية الميمته في محاصيل الخضر وفق لبعض التحاليل البيولوجية للتربة التي تمت دراستها.

علما ان منطقة بوفاريك تتميز بالتربة الطينية – طينية وان الحطاطة بالتربة الطينية الدقيقة

قمنا بطرح بعض الاسالة على الفلاحين لمعرفة الادوية الكيميائية المستعملة من طرفهم ونوع المحصول المغروس سابقا..

لقد حددنا 12 نوع من الفطريات المفترسة والطفيلية

Arthrobotrys musiformis, Arthrobotrys oligospora, Arthrobotrys dactyloides, Dactylaria brochobaga, Dactylaria sp, Rhopalomyces elegans, Stylopage cephalote, Torula herbarum, Dactylella ellipsospora, Verticillium lateritium, Chlorodidium sp, Herposporium anguillulae.

كلمات البحث: نيماتودا Meloidogyne ، الفطريات الطفيلية و المفترسة للديدان الخيطية ،

تعقد الجذور والتحاليل الكيميائية و الفيزيائية للتربة.

Introduction

Les cultures maraîchères occupent une place importante dans l'économie agricole algérienne. Elles sont classées en deuxième position après les céréales du point de vue consommation quotidienne. Cependant elles sont sujettes à plusieurs maladies physiologiques et parasitaires, parmi lesquelles ceux causées par les invertébrés et plus particulièrement les nématodes qui colonisent de vastes niches écologiques. Les nématodes les plus dommageables sur ces spéculations appartiennent au type endoparasite sédentaire du genre *Meloidogyne* (Guy, 2005).

D'après Cayrol (1991), les pertes occasionnées aux légumes par ces nématodes sont en moyenne chaque année de l'ordre de 11% à 14% de la production totale, soit l'équivalent d'une perte économique de plus de 100 milliards de dollars par an (Bélaïr, 2005).

En Algérie ces phytoparasites se distinguent comme étant de redoutables ennemis et constituent un facteur limitant des productions maraîchères aussi bien sous abri plastique qu'en plein champ (Sellami., 1999). Ighili (1986) signale une infestation de 100 % des serres prospectées dans une palmeraie à Ouargla. Mokabli (1988) affirme que sur 1976 serres, 65% sont attaquées dans différentes wilayas du pays. Dans les zones littorales centre comme Staouali et Bordj-EL-Bahri toutes les cultures maraîchères examinées sont infestées (100%) par les nématodes à galles (Smaha., 1991). La fréquence et la gravité de l'infestation des serres varient d'une année à une autre, en effet l'étude de Nebih Hadj-Sadok (2000) a montré que le pourcentage de serre infestées durant l'année 1993 est plus élevé (82.59%) que durant l'année 1994 (53.13%).

En raison de leur extrême résistance, de leur grande variabilité physiologique et de leur vie souterraine, il est très difficile de les combattre. Les pratiques culturales (utilisation de variétés résistantes, rotations, longues jachères, déforestation pour mise en culture de terres neuves, etc.) et les moyens physiques (solarisation, désinfection à la vapeur, inondation des sols infestés) ne peuvent être employés que dans des cas exceptionnels. Aussi, bien qu'une lutte intégrant ces différentes méthodes non-chimiques soit très séduisante, la lutte chimique

reste, pour des raisons essentiellement d'ordre économique et de facilité de mise en œuvre, la méthode la plus employée. Elle consiste, soit à désinfecter les sols chaque année avant plantation avec des produits fumigants ou précurseurs de fumigants, dangereux pour l'homme et l'environnement. Ces produits de synthèse présentent tous de sérieux inconvénients :

- Ayant des spectres d'action très larges, ils perturbent les équilibres écologiques des milieux traités (compétitions entre ravageurs, action des hyperparasites, processus de biodégradation de la matière organique...).
- Ils polluent l'environnement et les denrées alimentaires (accumulation de résidus dans les sols, les nappes phréatiques et les cultures traitées) : ainsi, santé animale et humaine sont concernées (Cayrol et al., 1992).

Face à cette situation, les études actuelles sont destinées à développer des méthodes alternatives (Isman, 2006). La lutte biologique emploie des organismes vivants antagonistes aux nématodes comme des champignons ou des bactéries (Stirling, 1991 ; Davies et Spiegel, 2011). Des différents types des champignons utilisés en lutte ont été décrits telles que : Les champignons prédateurs comme *Arthrobotrys irregularis*, un hyphomycète qui est capable de piéger rapidement les juvéniles de nématodes à galles (Cayrol, 1981). Les champignons ovicides comme *Paecilomyces lilacinus* (Jatala et al., 1979 ; Cayrol et al., 1992 ; Kiewnick et Sikora 2006) ou *Verticillium chlamydosporium*, qui attaquent les embryons dans les œufs de nématodes (Godoy et al., 1983a ; Kerry et al., 1984 ; Rodriguez-Kabana et al., 1984 ; Kerry et Deleu, 1991 ; deLeij et al., 1993).

Pour ces raisons, le développement des méthodes alternatives à la lutte chimique contre les nématodes phytoparasites est devenu nécessaire et urgent. Ces alternatives doivent être basées d'abord sur le respect de la santé de l'homme et de l'environnement, mais elles doivent aussi être efficaces et durables.

Pour cela notre étude s'est orientée vers cet aspect, comme objectif:

- Faire une prospection des différentes exploitations agricoles individuelles. (EAI). Le questionnaire que nous avons préparé nous a permis d'avoir une idée générale sur les régions d'étude (Boufarik et Attatba).

Introduction

- Faire une analyse pédologique des sols prélevés (pH-eau, calcaire total, la conductivité électrique, la matière organique)
- Faire un inventaire des champignons prédateurs et parasites des nématodes à galles *Meloidogyne* sp, présents dans le sol sur deux profondeurs différentes (0-10 cm et 10-20 cm).

Chapitre I: Synthèse bibliographique sur le nématode *Meloidogynesp*

I.1. Généralités sur les nématodes phytoparasites

Les nématodes phytoparasites : ou nématodes phytophages, sont de petits vers microscopiques qui vivent aux dépens des plantes, en ectoparasites ou en endoparasites, causant d'importants dégâts aux cultures. Ils peuvent directement affecter la croissance et la vigueur des plantes. Les plus dommageables pour les cultures sont les endoparasites sédentaires dont plusieurs stades vivent à l'intérieur des racines des plantes. Le principal genre de ce groupe est le nématode à galles *Meloidogyne*, c'est le nématode le plus redoutable sous serre des dégâts causés sont entre 12 à 60 % selon les cultures (LORRAIN, 1998).

I.2. Description morphologique du genre *Meloidogyne*

Meloidogynes les nématodes des racines noueuses *Meloidogyne* du grec «femelle à aspect de pomme » sont présents partout dans le monde. Ils constituent un groupe de ravageurs importants sur le plan économique. Ils doivent leur nom aux boursouflures typiques (galles) qu'ils induisent aux racines ou aux tubercules des plantes. Ils s'attaquent à la plupart des légumes avec une certaine prédilection pour les cucurbitacées (melons, concombres ...), les solanacées (tomates, aubergines, poivrons ...) et les composées (laitues, chicorées).

Les *Meloidogynes* sont morphologiquement très simples. Ils sont filiformes et mesurent respectivement ~ 0.4 mm pour les femelles et 1mm pour les mâles. Les nématodes phytophages se caractérisent par un stylet piqueur qui permet de perforer Les cellules des vaisseaux conducteurs de sève (PROT, 1975).

I.3. Position systématique du genre *Meloidogyne*

La systématique des *Meloidogyne* que nous avons adoptés est celle décrite par REDDY (1983).

Embranchement	Nematoda
Classe	Secernentea
Ordre	Tylenchida
Super-Famille	Heteroderoidae
Famille	Meloidogynidae
Sous-Famille	Meloidogyninae
Genre	<i>Meloidogyne</i>

Parmi les nombreuses espèces connues, quatre sont particulièrement dangereuses, *Meloidogynehalpa*, *Meloidogyneincognita*, *M. javanica* et *M. arenaria*. Elles sont très répandues en Afrique du Nord, notamment au Maroc et en Tunisie, et peuvent être rencontrées en Europe du Sud.

I.4. Distribution géographique

Dans le monde les cinq espèces de *Meloidogyne* originellement décrites par CHITWOOD en 1949, quatre ont une répartition très étendue dans le monde. Ces quatre espèces, *M. hapla*, *M. arenaria*, *M. incognita* et *M. javanica*, sont très polyphages et la plupart des dommages causés par les nématodes du genre leur sont attribuable.

En Algérie :

Selon SELAMI et *al.* (1999) donnent un aperçu sur la distribution géographique des quatre espèces prédominantes de *Meloidogyne* dans les zones de productions maraichère sous abri, trois sont situées au sud du pays (Adrar, Biskra, Ouargla) et cinq dans les zones littorales (Alger, Boumerdes, Tipaza, Bejaia et Jijel).

I.5. Biologie et cycle de vie

M. incognita, *M. arenaria* et *M. javanica* ont comme particularité de se reproduire sans sexe, par parthénogénèse mitotique. Ce sont des endoparasites obligatoires. Ces nématodes à galles réalisent un cycle complet de développement en trois à six semaines. Cette durée dépend de l'espèce considérée et des conditions environnementales. Au cours de ce cycle, les nématodes à galles vont subir plusieurs mues et passer par plusieurs stades successifs : quatre stades juvéniles et

un stade adulte. Le cycle de développement est découpé en deux phases. La première se déroule dans le sol (phase exophyte), la seconde ayant lieu dans la plante (phase endophyte). La phase exophyte correspond à l'éclosion des œufs et la libération dans le sol de larves pré-parasitaires J2, seul stade libre et infestant des nématodes à galles.

Ces larves vont pénétrer dans les racines au niveau de leur zone d'élongation, puis remonter dans le cylindre central où elles vont se sédentariser et établir un site nourricier, constitué par cinq à sept cellules géantes plurinucléées. Après trois mues successives, elles vont devenir des adultes, c'est-à-dire se transformer en femelles pyriformes ou, plus rarement, en mâle. Les femelles vont produire une gangue mucilagineuse à l'extérieur de la racine qui peut contenir de 300 à 3000 œufs. Après maturation, ces œufs vont éclore et permettre l'initiation d'un nouveau cycle. (Fig.n°1)

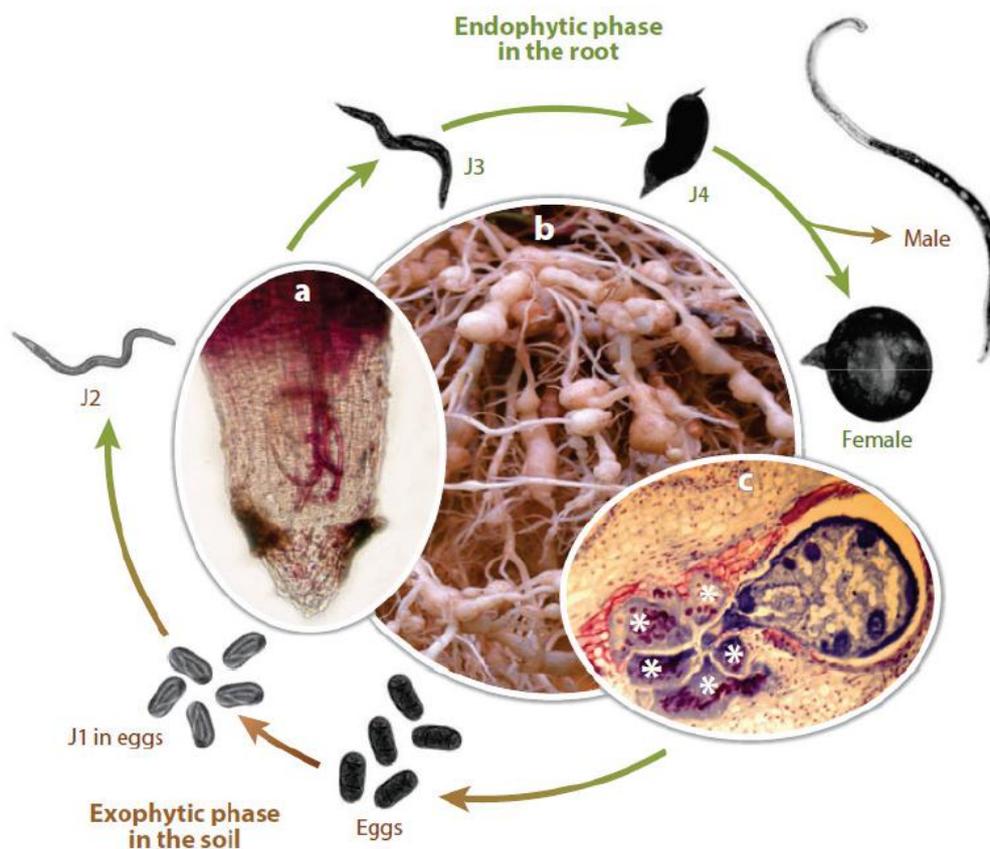


Fig n°1 : Cycle de développement de *Meloidogynesp.* (ABAD et al. 2008).

Juveniles de deuxième stade (L2). Cellules nourricières hypertrophiées et multi-nucléées (*). Nématode (N). Le nématode devient sédentaire et passe par trois stades de développement (L3, L4, adulte).

I.6. Symptômes

Les symptômes d'une attaque de *Meloidogyne* sont caractéristiques et aisés à remarquer : le système racinaire est envahi de galles (jusqu'à 1 cm de diamètre) qui perturbent l'assimilation des nutriments. Ainsi, la première alerte est donnée par l'observation des symptômes classiques d'un dysfonctionnement racinaire.

Le plus souvent, ces symptômes apparaissent par foyers ou en lignes (zones de dépérissement) dans la culture. (Dans le sol les *Meloidogyne* vivent d'une façon agrégative et hétérogènes). Ces altérations racinaires perturbent l'absorption de l'eau et des éléments minéraux, et donc le développement des plantes qui présentent une croissance plus ou moins réduite. Le feuillage peut être chlorotique, et des flétrissements surviennent parfois aux heures les plus chaudes de la journée. La taille des fruits et les rendements sont réduits (Fig.n°2).



Fig n°2 : Dégâts de *Meloidogyne* sur racine (INRA)

I.7. Méthodes de lutte contre les *Meloidogynesp*

D'après FOURY (1995), les moyens de lutte ont pour objectif soit d'agir directement sur les parasites et les ennemis présents dans le sol, soit de ralentir la réinfestation, ou d'intervenir sur la plante hôte. Les méthodes proposées doivent :

- Détruire les ennemis au moins sur une profondeur de sol allant au-delà de la plus forte densité racinaire (profondeur variable avec l'espèce cultivée et le sol).
- Retarder la réinfestation.
- Ne pas nuire aux organismes utiles.
- Ne pas présenter d'effets résiduels nocifs à la culture.
- Etre fiable d'application facile et de coût modéré.

I.7.1. Méthodes physiques

a) Désinfection par la vapeur

La désinfection de la terre se fait par le traitement à la vapeur à 120°C. (BONNEMAISON, 1961). Mais cette méthode présente des limites et des inconvénients :

- Destruction d'antagonistes permettant une ré-infestation rapide.
- Effets secondaires néfastes dus à la remontée du pH et de la salinité.
- Divers déséquilibres de la microflore.
- Mise en œuvre pas toujours facile.
- Coût élevé.
- Efficacité insuffisante voire échec dus à des causes variables ; la profondeur de désinfection est insuffisante (FOURY 1995).

b) Solarisation

La solarisation est une méthode douce pour le biotope, plus au moins discriminante selon le temps d'action, facile à mettre en œuvre et peu coûteuse, mais parfois insuffisamment efficace, car elle nécessite un climat très ensoleillé. (FOURY, 1995).

I.7.2. Méthodes culturales

a) Mesures sanitaires

On doit éviter le transport du sol avec les outils, les bottes, etc. afin de ne pas répandre les nématodes. (DUVAL, 1991).

b) La rotation

DUVAL (1991), la rotation a souvent été conseillée comme moyen de réduire les populations de nématodes. Pour les cultures de tomate en champs, une rotation avec les céréales ou autres graminées, et les cultures en serre, une rotation avec des fèves serait appropriée contre les nématodes. L'utilisation des plantes nématicides en rotation avec des cultures donne de bons résultats. LUNG et *al.* (1997) ont utilisé le tagette comme plante nématicide, ils ont remarqué que le tagette réduisait la densité de population des nématodes de 95% après une période de culture de deux (02) mois.

I.7.3. Lutte chimique

Elle est essentiellement assurée par traitements du sol avec des fumigants (ou des précurseurs de fumigants), des produits organophosphorés et des carbamates très proches des insecticides.

Les premiers (dibromoéthane, dichloropropène, dazomet, métam sodium, etc..) tuent les nématodes en se volatilisant dans le sol. Très coûteux, d'un emploi avant culture difficile.

Les seconds (alidicarbe, carbofuran, oxamyl, etc.) moins coûteux et plus faciles d'emploi, inhibent la pénétration des nématodes dans les plantes hôtes. Ces produits sont surtout efficaces sur les nématodes en présence de leur plantes hôtes. En

France, leur utilisation comme nématicides reste très limitée parce qu'ils sont toxiques (alidicarbe) ou trop coûteux. Ils servent surtout à protéger les pépinières, les cultures florales et ornementales. La plupart sont utilisés en tant qu'insecticides à des doses trop faibles pour que l'effet nématicides soit réel (DALMASSO et MISSONNIER, 1986).

Les nématicides ne détruisent jamais tous les nématodes présents dans le sol. Les survivants envahissent les plantes et s'y développent dans d'excellentes conditions, sans toutefois provoquer de dommages étant donné leur faible nombre et l'époque tardive de leurs pullulations. L'emploi des produits chimiques se traduit donc :

- a) Par une forte augmentation de la récolte, par rapport à celle que l'on aurait obtenue sans traitement ;
- b) Par une ré-contamination du sol après culture souvent plus importante que celle qui aurait été observée en l'absence de traitement.

Aussi est-il nécessaire de traiter à nouveau quand on refait la même culture ; cela est coûteux et non sans risques pour la santé et l'environnement. Ainsi les possibilités d'utilisation des nématicides, déjà limitées, risquent de l'être encore plus (DALMASSO et MISSONNIER, 1986). BERNARD (2002) explique que « malgré une désinfection totale des sols tous les 4ans au bromure de méthyle, nous n'avons pas réussi à nous en débarrasser. Les nématodes survivent en profondeur puis remontent ».

I.7.4. Les plantes résistantes

Longtemps basée sur l'utilisation de nématicides, la lutte contre *Meloidogyne* s'oriente aujourd'hui vers la mise en cultures de variétés résistantes qui réduisent les populations sous leur seuil de nuisibilité (CASTAGNOGNE, 2002). A l'heure actuelle de lutte de la plus satisfaisante contre les nématodes du genre *Meloidogyne*, que ce soit en termes d'efficacité économique ou du respect de l'environnement (CASTAGNONE, 1999, NEVEU et *al.*, 2001). Les variétés de tomate résistantes aux nématodes à galles actuellement disponibles au plan commercial sont toutes

porteuse du gène dénommé « Mi » qui contrôle les trois espèces majeurs *M. arenaria* ; *M. incognita* ; *M.javanica*. (CASTAGNONE, 1999, BERKALOFF, 2003).

I.7.5. Méthodes biologiques

Même si les nématodes phytoparasites, y compris leurs œufs, sont extrêmement bien protégés grâce à leur épaisse cuticule, ils sont dans des conditions naturelles, attaqués par beaucoup d'organismes ou de microorganismes du sol (JATALA, 1985). Certains de ces derniers sont prédateurs, d'autres sont parasites des nématodes. Ce sont ces organismes, principalement des champignons et des bactéries, qui peuvent être utilisés en lutte biologique contre les nématodes (BROWN et *al.*, 1985). D'après CAPORALINI et MATTEI (1998), la lutte biologique contre les nématodes emploie des microorganismes en se basant sur un principe simple : « aider la nature ». Un large nombre de champignons piègent les nématodes constamment associés dans la rhizosphère, mais les plus importants sont inclus dans le genre : *Paecilomyces*, *Verticillium*, *Hersutella*, *Nematophthora*, *Arthrobotrys*, *Drechmeria*, *Fusarium* et *Monacrosporium* (SIDDIQUI et MAHMOOD, 1996).

I.7.6. La lutte intégrée

Encourage le respect de l'utilisateur, de la santé et de l'environnement tout en assurant une saine rentabilité. Son principe fondamental est que les pesticides doivent être utilisés quand et là où c'est justifiable et nécessaire. C'est pourquoi elle allie diverses techniques (mécaniques, physiques, culturelles, biologiques, etc.) en complément ou en remplacement des pesticides.

La lutte intégrée suppose une approche en six étapes :

1. Identifier et connaître les alliés et les ennemis des cultures.
2. Apprécier le contexte : régulièrement dépister (c'est-à-dire chercher systématiquement la présence d'ennemis des cultures) et évaluer la situation globale (conditions environnementales, abondance des organismes nuisibles et utiles, état de santé des plantes et stade de leur développement)

3. Utiliser des seuils d'intervention (c'est-à-dire maintenir les dégâts causés par les organismes nuisibles en dessous d'un niveau de nuisance économiquement acceptable, tout en favorisant leurs adversaires naturels).
4. Adapter l'écosystème en le rendant à la fois favorable aux organismes utiles mais non attrayant pour les organismes nuisibles.
5. Combiner les méthodes de lutte (préventives ou curatives) dans un système intégré de défense des cultures.
6. Évaluer les actions mises en œuvre quant à leur adaptation, à leurs conséquences et à leur efficacité. (FRITSCH, 2001).

Chapitre II : Généralité sur la tomate

II.A.1. Origine et historique

La tomate *Lycopersicon esculentum* originaire d'Amérique du sud fut domestiquée au Mexique en 1544, elle est introduite en Espagne en Italie puis dans les autres pays européens. Elle s'est ensuite propagée en Asie du sud et de l'est, en Afrique et en Moyen Orient (SHANKARA et al., 2005).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du sud de l'Espagne (tomateros), qui l'ont introduite étant donné les conditions qui lui sont propices sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral algérois (LATIGUI, 1984). Aujourd'hui, la tomate est le deuxième légume, après la pomme de terre, le plus consommé au monde (PITRAT et FOURY, 2003).

II.A.2. Classification botanique

La classification de la tomate se base essentiellement sur le type de croissance, la nature génétique, la forme et la grosseur des fruits, le nombre moyen de loges par fruits, la résistance aux maladies et la qualité commerciale et industrielle de la variété (KOLEV, 1976). C'est une espèce de plante herbacée de la famille des Solanacées. Selon SPICHIGER et al. (2004) et DUPONT GUIGNARD (2012) la tomate appartient à la classification suivante :

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-Classe	Asteridae
Ordre	Solanales
Famille	Solanaceae
Genre	<i>Lycopersicon</i>

Espèce *L. esculentum* Miller, 1753

II.A.3. Description botanique

La tomate est une plante herbacée annuelle à port rampant, aux tiges ramifiées. Le plant de tomates est une plante herbacée sensible au froid, vivace en climat chaud. (KROLL, 2001).

II.A.3.1. Le système racinaire

Chez la tomate, le système racinaire est très puissant et ramifié sur les trente premiers centimètres ; les racines sont très nombreuses et ramifiées. On dit que ce système racinaire est pivotant (NAIKA et al., 2005).

II.A.3.2. La tige

Elle est poilue, épaisse aux entre-nœuds. On trouve deux sortes de poils sur la tige et les feuilles : des poils simples et des poils glanduleux qui contiennent une huile essentielle, qui donne l'odeur de la tomate et la coloration verte (KOLEV, 1976).

II.A.3.3. Les feuilles

Indispensables pour la photosynthèse. Elles sont persistantes. Les vieilles feuilles perdent leur pouvoir photosynthétique et deviennent même nuisibles pour la plante, responsables du retard de croissance des fruits. Les feuilles sont composées, de 5 à 7 folioles et sont alternes sur la tige (NAIKA et al., 2005).

II.A.3.4. La graine

La graine est petite (250 à 350 graines par gramme) et poilue ; sa germination est épigée. Après le stade cotylédonaire, la plante produit 7 à 14 feuilles composées avant de fleurir (CHAUX et FOURY, 1994).

II.A.3.5. La fleur

La fleur est hermaphrodite. Le pistil est entouré d'un cône de 5 à 7 étamines à déhiscence introrse et longitudinale. Les fleurs, à corolles soudées en forme d'étoile

à cinq pointes sont jaune vif. Elles sont réunies en cymes et s'épanouissent de fin mai à septembre.

- Chez les variétés à port indéterminé, chaque bouquet floral est séparé par 3 feuilles et la plante peut croître ainsi indéfiniment.
- Chez les variétés à port déterminé, les inflorescences sont séparées par deux feuilles, puis une feuille, avant de se retrouver en position terminale sur la tige.

D'un point de vue anatomique, la fleur de la tomate comprend 5 sépales, 5 pétales, 5 étamines et 2 carpelles (RICK et *al.*, 1990).

II.A.3.6. Le fruit

Les fruits charnus sont des baies à 2 ou 3 loges, à graines très nombreuses, de taille, de forme et de couleur très variées :

- La taille va de quelques grammes (tomate groseille) à près de 2 kg ;
- La forme est généralement sphérique, plus ou moins aplatie, plus ou moins côtelée, mais il en existe en forme de cœur ou de poire ;
- La couleur, d'abord verte, vire généralement au rouge à maturité, mais il en existe des blanches, des jaunes, des noires, des roses, des vertes, des violettes, des oranges et des bicolores (RICK, 1986).

II.A.4. Le cycle biologique de la tomate

D'après Gallais et Bannerot (1992), le cycle végétatif complet de la graine à la graine de la tomate varie selon les variétés, l'époque et les conditions de culture ; mais il s'étend généralement en moyenne de 3,5 à 4 mois du semis, jusqu'à la dernière récolte (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit). Le cycle comprend les six étapes suivantes :

II.A.4.1. La germination

La germination et le stade de levée qui mène la graine jusqu'à la jeune plante capable de croître normalement (Corbineau et Core, 2006). Chez la tomate la

germination est épigée, nécessite une température ambiante d'environ 20°C et une humidité relative de 70 à 80% (Chaux et Foury,1994).

II.A.4.2. La croissance

C'est un changement quantitatif de la plante au cours du temps, qui s'effectue par une augmentation irréversible de ces dimensions (Thiman, 1956). Selon Laumonier (1979), cette étape se déroule en deux phases et en deux milieux différents.

- En pépinière : De la levée jusqu'au stade 6 feuilles, on remarque l'apparition des racines et des prés feuilles ;
- En plein champ : Après l'apparition des feuilles à photosynthèse intense et des racines, les plantes continuent leur croissance. La tige s'épaissit et augmente son nombre de feuille.

II.A.4.3. La floraison

Lorsque le méristème passe de l'état végétatif à l'état reproducteur, les ébauches florales apparaissent et se développent, ce processus correspond à la floraison. Sous l'influence de plusieurs facteurs, naturellement la pollinisation se fait. Elle se traduit par l'apparition des fruits verts. La durée entre la pollinisation et la fécondation est de 2 à 3 jours (Ray et Costes, 1965).

Selon Benton (1999), la première inflorescence apparaît deux mois et demi environ après le semis. La floraison chez la tomate commence du bas vers le haut. Ces fleurs étaient auparavant des boutons floraux. La floraison dépend de la photopériode, de la température et des besoins en éléments nutritifs de la plante.

II.A.4.4. La pollinisation

Les conditions climatiques ont un effet sur la libération et la fixation du pollen, par exemple si la température nocturne est inférieure à 13 °C, la plupart des grains de pollen seraient vides, et une faible humidité dessèche les stigmates qui causent une difficulté du dépôt de pollen (Louveaux, 1984). L'intervention des agents extérieurs est nécessaire pour cette étape, le vent ou certains insectes comme le

bourdon (Chaux et Faury, 1994). Lorsque des périodes de froid ou de chaleur perdurent pendant la floraison, la production de pollen sera réduite (Shankara, 2005).

II.A.4.5. La fructification et la maturité des fruits

La fructification débute par la nouaison des fleurs de l'inflorescence du bas vers le haut. Les fruits mûrissent quand ils atteignent leurs tailles définitives et ils se colorent en jaune puis en rouge (Benton, 1999). Il existe une relation proportionnelle entre la production d'auxine, le développement des fruits et la quantité des graines (FAO, 1987). La lumière intense permet la synthèse active qui affecte la mise et la couleur des fruits, pour cela une température de 18 °C la nuit et 27°C le jour est favorable (Ray et Costes, 1965 ; Shankara, 2005).

II.A.5. Caractéristiques physiologiques de la tomate

II.A.5.1. Les exigences climatiques

Relativement frais et sec est le climat que la tomate exige pour fournir une récolte de quantité et de qualité.

II.A.5.1.1. La température

La plante de la tomate est adaptée à une grande diversité de conditions climatiques, allant du climat tempéré vers le climat tropical chaud et humide exige une température optimale comprise entre 18 et 26°C (1999). Et pour une bonne croissance et nouaison de la tomate, un équilibre entre la température diurne et nocturne de 10°C est nécessaire, cependant si les périodes de froid ou de chaleur intentent durant tout au long de la floraison, la production est altérée à cause de la diminution du pollen, ces périodes de température défavorable perturbent la photosynthèse et affectent la germination des graines, la croissance des semis, la floraison, la mise à fruits et ainsi que la qualité des fruits (Messiaen *et al.*, 1993 ; Naika *et al.*, 2005 ; Shankara, 2005). Donc toute variation brutale de la température pendant le cycle de croissance provoque une réaction chez la tomate.

II.A.5.1.2. La lumière

La croissance et le niveau de production des plantes de la tomate dépendent grandement de la quantité de soleil, est fortement influencé par la quantité totale d'énergie que la plante reçoit quotidiennement (Shankara, 2005 et Kinet, 1985). Benton (1999) a constaté qu'il y avait un rapport positif significatif entre l'exposition radiante quotidienne en moyenne de 400 à 700nm et le nombre de fleurs atteignant l'anthere dans la première inflorescence. Un faible rayonnement lumineux, et un éclairage insuffisant provoque un étiolement des plantes, une perte de précocité, réduction de nombre de fleurs par bouquet et affecte la fécondation ce qui cause une baisse de rendement (Cirad et Gret 2002 ; et Ray et Costes, 1965). En outre, la photopériode ne doit pas dépasser les 18 heures par jour (Chtiwi, 2000 in Merdaci et Atia, 2006), par ce que l'intensité de la lumière affecte la couleur des feuilles, la couleur et la mise à fruits (Shankara *et al.*, 2005). La longueur de l'obscurité est essentielle pour le contrôle de la croissance et le développement de la plante (Cirad et Gret, 2002).

II.A.5.1.3. L'eau et l'humidité

La sensibilité de la plante à l'hygrométrie est très élevée, elle ne tolère ni les sols engorgés ni fortement humide, pour le processus de fécondation une meilleure hygrométrie relativement ambiante est de 60% à 65%. Si l'humidité est très élevée (plus de 80%), les pollens sont difficilement libérés. Par ailleurs, le développement des maladies cryptogamiques est lié à de fortes humidités accompagné de la chaleur (Laumonier, 1979).

II.A.5.2. Les exigences édaphiques

II.A.5.2.1. Le sol

La tomate pousse bien sur la plupart des sols, avec une bonne aération et capacité de rétention d'eau, les plus préférés sont les sols limoneux profonds bien drainés, légère, meuble, riche en humus, s'échauffant rapidement et facilement (Laumonier, 1979). La perméabilité de la couche superficielle avec une profondeur de 15 à 20 cm est favorable à une bonne croissance d'une culture saine

(Shankara*et al.*, 2005). Khorsi (1993) a montré que la production de tomate peut être augmentée de près de 50% en passant des sols sableux légers, à des sols limon plus lourds.

II.A.5.2.2. La température du sol

Le pourcentage de levée et la vitesse de germination dépendent fondamentalement à la température du sol (tourbe utile). Cette dernière augmente avec la température jusqu'à une valeur optimale de 25°C, et entre 15°C et 20°C on aura un meilleur pourcentage de levée (Rey et Costes, 1965). Kolev (1976) rappelle qu'à des basses températures (au-dessous de 12°C) la végétation est très faible et les inflorescences sont anormales et portent peu de fleurs.

II.A.5.2.3. Le pH du sol

La tomate supporte modérément un large intervalle de valeurs du potentiel d'hydrogène, mais pousse mieux dans les sols où la valeur du pH varie entre 5,5 et 6,8 (Shankara, 2005).

II.A.5.2.4. La salinité du sol

La tomate est moyennement sensible à la salinité du sol, elle peut supporter des teneurs en sels, allant de 2 à 4g/l. pendant la germination et au début du développement la plante est plus sensible à la salinité (Bentvelsen, 1980). C'est pour cette raison que la concentration saline de la solution nutritive est utile pour maîtriser le développement des jeunes plants (Brun et Montarone, 1987).

II.A.6. Importance économique de la tomate

II.A.6.1. Importance dans le monde

La tomate a une valeur économique élevée (Shankara, 2005), elle est presque cultivée dans tous les pays du monde, plus de 140 million de tonnes sont produites chaque année. La production est répartie dans toutes les zones climatiques, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri. À l'échelle mondiale, la tomate est classée 2ème culture légumière après la pomme de terre de par son volume de production. En effet, près de cinq millions d'hectares (4,98 million ha) sont réservés annuellement à cette

culture avec une production de plus de 34 millions de tonne (FAO STAT, 2015). La tomate fraîche est présente presque toute l'année dans le commerce, grâce aux systèmes de culture protégés (Polese, 2007).

Tableau 01 : Les dix Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde. (FAO Stat, 2014).

Pays	Production (qx)
Chine	33 911 935
Inde	13 718 573
USA	10 965 452
Espagne	10 313 529
Egypte	9 204 602
Turquie	5 976 732
Iran	4 826 851
Italie	3 922 179
Brasil	3 867 630
Mexique	2 936 347

Selon (FAO Stat, 2014), les deux premiers pays producteurs mondiaux sont la Chine avec 33,9 millions de tonnes suivie de l'Inde avec 13,7 millions de tonnes. Les États Unis occupent le troisième rang mondial avec plus de 10,9 millions de tonnes de tomate produite chaque année. De nombreux pays, tels que l'Espagne, l'Égypte, la Turquie, l'Iran, le Brésil, l'Italie et le Mexique produisent également chaque année plus de 30 million de tonnes de tomates.

II.A.6.2. Superficies et production de la tomate en Algérie :

La culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne et près de 33 000 ha sont consacrés annuellement à sa culture, donnant une production moyenne de 01 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 311qx/ha (Anonyme, 2009). Après la pomme de terre, la tomate est le second produit maraîcher de par la place qu'elle occupe dans les habitudes alimentaires en Algérie (Baci, 1995 in Guelamallah, 2006).

II.A.7. Principales maladies et ravageurs de la tomate

Les tableaux 2, 3, 4 et 5 montrent les principales maladies et ravageurs pouvant affecter la tomate.

Tableau 2 : les maladies bactériennes de la tomate (Snoussi, 2010)

Maladie	Nom scientifique	Symptômes et dégâts
Chancre bactérien	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>Michiganensis</i> .	Flétrissement unilatéral sur feuille, suivi d'un dessèchement total des coupes longitudinales sur tige et pétioles. Sur fruits, se forment des taches blanchâtres
Moucheture de la tomate	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i> .	Sur feuillage : Apparition des taches noires de contour irrégulier entourées d'un halo jaune. Les folioles se dessèchent et tombent.
Gale bactérienne	<i>Xanthomonas compestris</i> pv. <i>vesicatoria</i>	De nombreuses taches entraînent le dessèchement de folioles et la chute des feuilles, Sur fruit, de petits chancres pustuleux apparaissent et prennent un aspect liégeux.
Flétrissement bactérienne des solanacées.	<i>Pseudomonas solanacearum</i> .	Flétrissement de type verticillium ou fusarium mais suivi de la mort très rapide de la plante.

Tableau 3 : les maladies virales de la tomate (Snoussi, 2010)

Maladie virale	Symptômes et dégâts
Virus de la mosaïque du tabac (TMV)	Transmis par la semence et par voie mécanique donnant des plages vert clair et vert foncé sur feuilles jeunes.
Virus de la mosaïque du tabac (PEPMV)	Donne des décolorations de feuilles et une stérilisation des inflorescences, également transmis par les semences et par voie mécanique.
Virus Y de la pomme de terre (PYN)	Donne des nécroses sur feuilles avec dessèchement.
<i>Tomato chlorosis crinivirus</i> et <i>Tomato infectious chlorosis crinivirus</i> (TICV), <i>Tomato spotted, wilt virus</i> ou maladie bronzée. <i>Tomato yellow leaf - cruf</i> (TYLCV).	Virus provoquant la crispation et le jaunissement sur feuilles.
Stolbur	Maladie à mycoplasmes, reprise ici dans les maladies à virus car elle a des caractéristiques similaires symptômes de chloroses, prolifération des rameaux, réduction du feuillage, et transmission par les insectes (cicadelles).

Tableau 4 : les ravageurs de la tomate (ZIRIS, 2011)

Insectes et ravageurs	Nom scientifique	Symptômes et dégâts
Nématodes à galles	<i>Meloidogyne incognita</i> & Chitwood et <i>M. arenaria</i> Neal.	2
Acariens	<i>Tetranychus</i> et <i>T. cinnabarinus</i>	La face inférieure des folioles devient brune à bronzée .sur fruit, la peau présente des craquelures.
Noctuelles terricoles Noctuelles des fruites	<i>Agrostis segetum</i> et <i>Chloridea armigera</i>	Les jeunes chenilles dévorent le collet et entraînent la mort de la plante.
Aleurodes	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> et <i>Bemisia tabaci</i>	Rabougrissement des apex et développement de fumagine sur le miellat produit par les larves, transmission des virus TOCV, TICV et TYLCV.
Cicadelles	<i>Hialestherobsoletus</i>	Transmission du stolbur ,mycoplasmosé .
Mineuses	<i>Liriomyza trifolii</i> et <i>Tuta absoluta</i> .	Galerie dans le limbe des feuilles âgées par les larves.
Pucerons	<i>Macrosiphum euphorbiae</i> & <i>Myzus persicae</i>	Enroulement des feuilles, développement de la fumagine et transmission de virus.

Tableau 5 : Les principales maladies fongiques de la tomate (Naika et al., 2002)

Maladie	Causées par	Symptômes
Anthraxose	<i>Colletotrichum</i>	Tâches plus ou moins circulaires de 1 cm avec un centre noirâtre sur les fruits mûrs.
Mildiou	<i>Phytophthora infestans</i>	Légères tâches foncées avec un point jaune en leur centre, sont visibles sur les feuilles ayant parfois un développement centrifuge et centripède. Sur la face inférieure des feuilles les tâches sont blanches. Les fruits se couvrent de taches brunes et les feuilles flétrissent
Verticilliose	<i>Verticillium albo-atrum</i>	Jaunissement en forme de V des feuilles de bas en haut suivi d'un flétrissement avec un léger brunissement des vaisseaux après une coupe
Alternariose	<i>Alternariasolani</i>	Tâches rondes et brunes avec des cercles concentriques apparaissant sur les feuilles avec un diamètre de 1,5 cm des grosseurs peuvent apparaître sur les tiges et les feuilles. Les fleurs et les jeunes fruits tombent.
Flétrissure fusarienne	<i>Fusariumoxysporumf.sp lycopersici</i>	Jaunissement des feuilles de bas en haut, apparition de racines avortées au bas de la tige, Tissus ligneux brun rougeâtre
Pourriture des Racine set du collet	<i>Fusariumoxysporumf.spradicislycopersic</i>	Brunissement des racines, de leur cylindre central et des vaisseaux situés au niveau du pivot et du collet.

Chapitre II : Généralité sur la courgette

II.B.1. Origine et historique

Cucurbitapepo est indigène des régions chaudes et tempérées de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Nord et y est cultivé. Il existe également en forme sauvage en Europe et en Asie. L'origine est incertaine. L'ancêtre commun de toutes les variétés actuelles de Cucurbitapepo provient probablement du Mexique, comme le confirment les résultats archéologiques (Andres, 2003). Leur plus ancienne présence dans l'alimentation humaine est décelée 7000 ans avant notre ère au Mexique (Chaux et Foury, 1994 ; Renaud, 2003).

II.B.2. Classification botanique

Cucurbitapepo L. (courgette) appartient à la famille de melon Cucurbitaceae qui comprend environ 95 genres et 950-980 espèces (Schaefer et Renner, 2011). La culture de C. pepo est scientifiquement classée selon Feller et *al.* (1995) comme suit :

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Violales

Famille : Cucurbitaceae

Genre : Cucurbita L. (1753)

Espèce : Cucurbitapepo L. (1753)

II.B.3. Description

Les variétés *Cucurbitapepo*, utilisées pour la production de la courgette sont le plus souvent des hybrides (Chaux et Foury, 1994). Le fruit est une baie charnue, uniloculaire, sans cavité centrale, cylindrique, parfois en massue, généralement de couleur verte. Les fruits naissent à partir des axillaires foliaires, attachés par un

pédoncule épais et court. Ils sont récoltés avant maturité complète avant qu'ils durcissent. En conditions printanières précoces, les premiers fruits sont récoltés entre 70 et 85 jours après le semis. De couleur, uniforme ou rayée, tachetée, son intensité est un facteur variétal (Erard,2002).

III.4. Les conditions pédoclimatiques de la courgette

II.B.4.1. Les exigences climatiques

II.B.4.1.1. Le climat

La courgette est une plante exigeante en chaleur, en eau. Les températures de germination des graines : 20 à 25 °C (germination dure 36 à 48 heures). La température d'élevage du plant : 16 à 25 °C (selon luminosité). La température du sol pour une bonne implantation doit être au moins de 12 °C. Les températures optimales en végétation : - diurnes : 25 °C - nocturnes : 13 à 15 °C. L'hygrométrie de l'air et l'humidité du sol ont une influence sur le développement des plantes : une hygrométrie de 80 % maximale est requise, au-delà, les risques de botrytis sont importants. La croissance rapide et la production importante exigent des quantités d'eau importantes mais les excès d'eau sont néfastes : asphyxie racinaire, Il faut fractionner les irrigations.(Anonyme ,2016)

II.B.4.1.2. Eau et humidité

La teneur élevée des fruits en eau (95%) indique que la culture de la courgette est très exigeante en eau. Cependant, un apport excessif en eau empêche la germination et peut produire l'asphyxie racinaire. Par ailleurs, un déficit hydrique peut provoquer la déshydratation des tissus, la réduction de la croissance végétative et une fécondation déficiente à cause de la chute des fleurs.

Les besoins en eau d'irrigation pour la courgette sont normaux durant le stade de germination et deviennent importants et constant par la suite.

Pour l'humidité de l'air elle doit être comprise entre 65 et 80%. Des humidités très élevées favorisent le développement des maladies foliaires et pénalisent la floraison.(Anonyme ,2017).

II.B.4.1.3. Lumière

La courgette est très exigeante en lumière. C'est pour cette raison qu'une insolation élevée se répercute favorablement sur le rendement.

II.B.4.2. Les exigences édaphiques

II.B.4.2.1. Le sol

La courgette préfère les sols légers, humifères et frais, bien exposés, bien aérés, souples et riches en matières organique avec une texture franche. Il faut éviter les sols asphyxiants. Effectuer un labour de 30 à 35 cm. La désinfection du sol est nécessaire aussi pour protéger les plantations contre les cultures des attaques des champignons.(Anonyme 1,2016)

II.B.4.2.2. Le pH du sol

Les valeurs de pH optimales se situent entre 5,6 et 6,8 (sols légèrement acides). Néanmoins, la culture de la courgette peut s'adapter à des pH compris entre 5 et 7. Des pH basiques peuvent, par contre, induire des carences nutritionnelles.

II.B.4.2.3. La salinité du sol

La courgette est une plante moyennement tolérante à la salinité, moins que le melon et la pastèque et plus que le concombre. (Anonyme ,2017).

II.B.4.3. Principales maladies et ravageurs de courgette

Il existe de nombreux virus et ravageurs qui entraînent des dégâts sur les cultures de cucurbitacées mais parfois, les déformations, décolorations, etc., des fruits peuvent avoir une cause non-parasitaire. Ces dernières peuvent être

engendrées par de mauvaises conditions climatiques, des problèmes biologiques de la plante.

Tableau n°6 : les maladies de courgette(Anonyme 3 ,2003).

Maladies et ravageurs de courgette	Symptômes et dégâts
Oïdium <i>Podosphaerafuliginea</i> et <i>Golovinomyceschichoracearum</i>	Taches blanches et poudreuses s'étendent sur les deux surfaces des feuilles Dessèchement rapide
Nuile grise (Cladosporiose) <i>Cladosporiumcucumerinum</i>	Feuilles : petites taches graisseuses, brunissant vite et entourées d'un halo jaune Tiges : lésions allongées (parfois une substance visqueuse perle des lésions) Fruits : petites taches chancreuses, graisseuses et brunes. Des exsudats gommeux perlent.
Pourriture ou moisissure grise (Botrytis) <i>Botrytis cinerea</i>	Symptômes Feuilles : taches circulaires parfois un halo chlorotique Tiges : chancres humides ceinturant la tige Fruits : pourriture humide et sombre.
Sclérotiniose <i>Slerotinasclerotiorum</i>	Essentiellement sur les tiges et les fruits, les attaques de sclérotiniose surviennent souvent derrière une attaque de Botrytis Tiges : lésions allongées à partir de tissus blessés ou sénescents. D'apparence humide et sombre, ces lésions ceinturent la tige et des exsudats gommeux bruns perlent parfois Fruits : apparition de pourriture humide et sombre se formant à partir de la cicatrice stellaire.
Mildiou des cucurbitacées <i>Pseudoperonosporacubensis</i>	Ce champignon se développe essentiellement

	<p>sur les feuilles</p> <p>Feuilles :</p> <p>Face extérieure : taches surtout angulaires délimitées par les nervures, mosaïques de taches jaunes puis brunes. A terme un liseré chlorotique les entoure</p> <p>Face inférieure : apparition d'un feutrage allant du gris clair au mauve.</p>
<p>Fonte des semis <i>Phytophthora capsici</i></p>	<p>Feuilles : taches ou zones livides à jaunâtres, brunissant puis nécrosant</p> <p>Tiges : lésions humides, sombres-brun foncées ceinturant la tige</p> <p>Fruits : lésions humides se couvrant d'un mycélium blanc à grisâtre.</p>
<p>Acariens ou araignées jaunes, rouges ou vertes <i>Tetranychusurticae</i></p>	<p>Feuilles : apparition de minuscules taches nécrotiques plus ou moins dispersées sur les limbes qui jaunit et devient terne. En cas d'attaque sévère les feuilles jaunissent, flétrissent et se dessèchent</p> <p>Couvert végétal (feuilles, tiges) : apparition de toiles soyeuses</p>
<p>Pucerons <i>Myzuspersicae, Aphisgossypii, Macrosiphumeuphorbiae, Aulacorthumsolani...</i></p>	<p>Jeunes feuilles : ponctuations chlorotiques et déformations dont des enroulements et des boursouflures</p> <p>Organes aériens : apparition de mues blanches et présence de miellat colonisé par de la fumagine.</p>
<p>Aleurodes <i>Trialeurodesvaporariorum et Benisiatabaci</i></p>	<p>Nombreuses piqûres sur les feuilles</p> <p>Production de miellat provoquant une moisissure : la fumagine</p> <p>Rq: Les aleurodes sont des vecteurs de transmission de virus tel que: le BPYV.</p>

<p>Nématodes à galles racinaires <i>Meloidogyneincognita</i></p>	<p>Racines : galles blanches, régulières plus ou moins grosses brunissant Feuilles : le feuillage devient chlorotique et les plantes flétrissent aux heures chaudes de la journée. Fruits : taille des fruits réduits.</p>
<p>Coulure des fruits Origine Cette maladie est due à une mauvaise fécondation des fruits car la durée de vie de leurs fleurs est très courte.</p>	<p>Température basses, hygrométrie élevée, manque de luminosité, temps couverts et pluvieux, vents violents Rq: Les fruits coulés, à extrémités rétrécies, sont souvent la proie d'une attaque de botrytis qui peut ensuite se propager aux fruits normalement fécondés.</p>
<p>Virus de la jaunisse (CABYV) Vecteurs Pucerons.</p>	<p>Feuilles âgées : Plages inter-nervaires jaunes.</p>
<p>Maladie bactérienne <i>Pectobacteriumcarotovora</i></p>	<p>Flétrissement brutal d'une partie ou de la totalité de la plante avec présence d'une pourriture molle apparaissant au collet ou sur une portion de tige.</p>

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1. Objectif du travail :

Nous avons travaillé sur les régions de Boufarik et Attatba, dont le but d'estimer l'impact des pesticides sur l'environnement et le développement des champignons nématophages dans le sol. Notre étude est basée sur trois étapes essentielles :

Concernant la première étape, nous avons prospecté différentes EAI (exploitations agricoles et individuelles) afin de faire un constat sur l'état des serres, les cultures précédentes, les variétés utilisées et les produits chimiques appliqués et cela en utilisant un questionnaire (Annexe).

Concernant la deuxième étape, nous avons fait des analyses pédologiques des sols collectés des différentes serres prospectées (pH, matière organique, conductivité électrique, l'humidité, calcaire, calcium).

Pour la troisième étape nous essayons de faire un inventaire des champignons prédateurs et parasites de nématodes à galles (*Meloidogyne* sp), présents dans le sol sur deux profondeurs différentes (0-10cm et 10-20cm) en le prélevant frais à l'intérieur des serres prospectées.

III.2. Choix des régions d'étude

Sur la base de l'importance des cultures maraîchères et plus précisément les cultures de la tomate et courgette qui occupent une place très importante en Algérie, nous avons choisi deux régions à vocation agricole (Boufarik et Attatba) (Fig. n°3).

III.3. Présentation des stations d'étude :

III.3.1. Région de Boufarik :

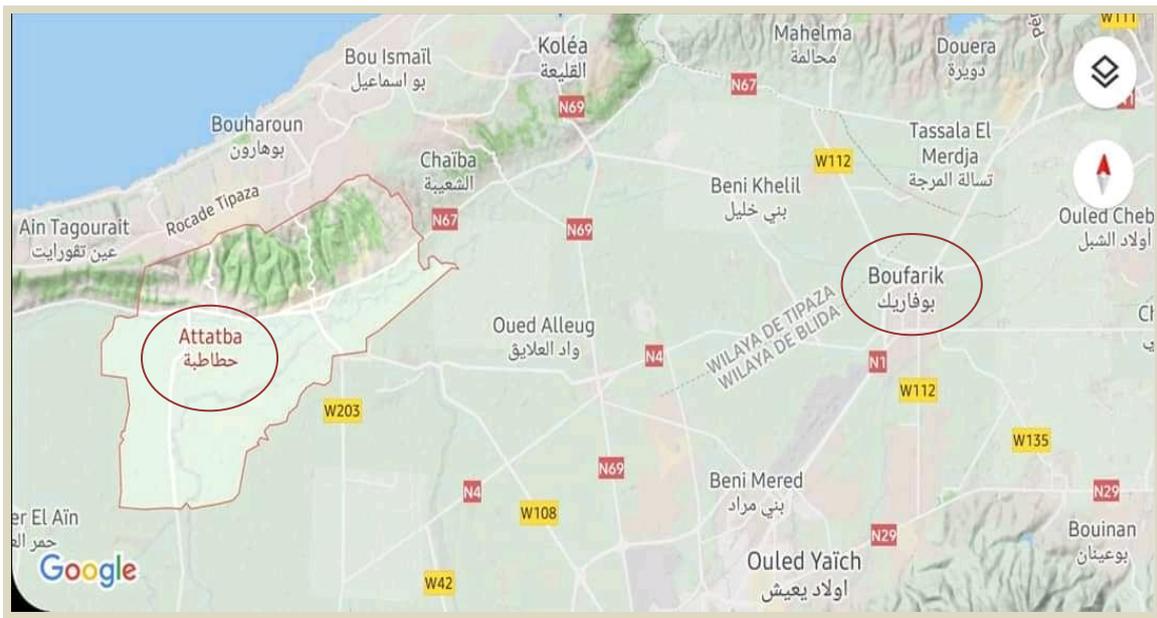
La commune de Boufarik (E 2°55' / N 36°34') est située au Nord de la wilaya de Blida, au centre de la plaine de la Mitidja sur la ligne de partage bassin de l'oued El-Harach à l'Est, de la Chiffa et de Mazarfan à l'Ouest ; la ville est située à 35 km au Sud-ouest d'Alger et à 13 km au Nord-est de Blida. (Anonyme SD1)

Le climat est chaud et tempéré, La température moyenne est de 17.9°C, les précipitations annuelles moyennes sont de 657mm (Anonyme, SD2)

III.3.2. Région d'Attatba

Attatba (E 2°40' / N 36°35') est située à 54 Km à l'Ouest d'Alger. A l'Ouest, l'oued mit (la rivière morte), l'Est-Sud-est, l'oued Bouchouaou (rivière des chiffons) sont les seules limites naturelles de la commune. Le climat est humide et tempéré car il subit l'influence du littoral malgré l'écran du sahel, la température oscille autour de 10° en hiver et 32°C en été. (Boileau E. ,1960).

La température moyenne annuelle à Tipaza est 18.5C° les précipitations annuelles moyennes sont de 631 mm.(Anonyme SD2)



Google (origine, 2019)

Fig n°3 : Situation géographique des régions d'étude Boufarik et Attatba

III.4. Matériel

Pour effectuer notre étude nous avons utilisé le matériel (sur terrain, au laboratoire). (Annexe).

III.5. Méthodes de travail

III.5.1. Questionnaire

C'est un instrument adapté pour récolter des informations précises sur les stations visitées, nombre de serres, les cultures sur place, les précédentes cultures, les variétés cultivées, l'âge des serres, le système d'irrigation, la nature du sol et les produits chimiques utilisés (Annexe).

III.5.2. Technique d'échantillonnage

La technique d'échantillonnage consiste à prélever à l'aide d'une tarière environ 1 kg d'échantillon de sol à 10 cm et 20cm de profondeur à l'intérieur de chaque serre, dans 3 endroits (début, milieu et fin de la serre), en suite on met ces derniers dans des sachets en plastique , chaque échantillon est muni d'une étiquette (indiquant la date, le lieu, la culture , la profondeur et le type de sol). Les échantillons sont ensuite apporter au laboratoire (Fig.n°4).(Annexe).

III.5.3.Milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar).(Shadwick , 1938) :

La gélose glucosée à l'extrait de pomme de terre (PDA) est utilisée pour favoriser le développement des champignons, il est composé du bouillon de pomme de terre qui est récupérer de la procédure suivante :

- Laver et peser les pommes de terre, puis couper les en petits morceaux.
- Faire bouillir entre 15 à 20 minutes, jusqu'à ce qu'elles soient tendres.
- Retirer les pommes de terre et récupérer le bouillon, le mettre dans un cristalliseur.
- Ajouter 20 g de glucose et 20 g d'agar et l'eau distillée jusqu'à obtention 1L.
- Mettre le milieu PDA sur l'agitateur magnétique pendant 20 minutes pour qu'il soit homogène.
- Couler dans 5 flacons de 250 ml. , puis fermer les flacons et les mettre dans l'autoclave pendant 20 minutes à température 120° pour la stérilisation (Fig°5).(Annexe).

III.5.4. Isolement des différentes espèces de champignons à partir du sol

Les isollements fongiques se réalisent dans un milieu stérile (la Hotte) et devant le bec de benzène.

La première étape consiste à faire couler le milieu PDA dans les boîtes de pétri, faire 04 répétitions pour chaque type de culture et variété (tomate et courgette). Chaque boîte est datée, numérotée et nommée.

La deuxième étape après la solidification du milieu dans les boîtes de Pétri, nous ensemençons le sol à la surface du milieu, puis on ferme les boîtes avec un para-film et les inverse afin d'éviter le risque de contamination par les gouttelettes d'eau accumuler sur le couvercle. (Fig°5).(Annexe).

III.5.5. Conditions d'incubation

Nous avons déposé les boîtes préparées pendant dix jours dans l'étuve à une température de 25°C, qui est favorable au développement des champignons nématophages. (Cayrol et *al.*, 1972; Cayrol, 1983; Pelouille et *al.*, 1984) (Fig°5).(Annexe).

III.5.6. Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites

Pour la Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites nous nous sommes référés aux clefs de détermination faites par Cooke et Godfrey 1964, Barron 1968, Buyck 1986, 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 mycélium sperforants
- Les chlamydospores

III.6. Les caractéristiques des sols

III.6.1.L'étude analytique du sol

Les analyses pédologiques et physiques du sol sont effectuées au niveau du laboratoire de pédologie à l'École Nationale Supérieure Agronomique (E.N.S.A.) (Annexe), les analyses étudiées sont :

III.6.1.A. 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.6.1.A.1. Mode opératoire

III.6.1.A.1.1. Matériels utilisés

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

III.6.1.A.1.2. 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 bêchers
- Mesurer le pH du sol en plongeant son électrode dans la solution.
- Lire la valeur lorsque la lecture se stabilise.

III.6.1.B. 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.6.1.B.1. Mode opératoire

III.6.1.B.1.1. Matériels utilisés

- Balance.
- Sol.
- Boîtes de pétri.
- Etuve.

III.6.1.B.1.1. Méthode de travail

- Peser la boîte de pétri vide.
- Peser 10g 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 initiale et le poids finale.

III.6.1.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.6.1.C.1 Mode opératoire**III.6.1.C.1.1. Matériels utilisés**

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

III.6.1.C.1.2 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. μ
- Filtrer la solution à l'aide du papier filtre.
- Mesurer la conductivité électronique avec le conductimètre.

III.6.1.D.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.

Le calcaire actif est la fraction de Carbonate de Calcium (CaCO_3) qui s'altère rapidement et qui va fournir rapidement des ions calcium (Ca^{2+}).

III.6.1.D.1. Mode opératoire**III.6.1.D.1.1 Matériels utilisés**

- Balance.
- Sol.
- Hcl 6N (6 fois dilué)
- Calcaire.

- Béchers.
- Erlenmeyer.
- Calcimètre.

III.6.1.D.1.2. Méthode du travail

- Peser 1gr de sol.
- Le mettre dans l'erenmeyer.
- Verser 50ml de Hcl.
- Agiter pour mélanger.
- Insérer l'erenmeyer au calcimètre.
- Lire le volume du Co2 dégagé.
- Faire le calcul de pourcentage du calcaire contenu dans le sol.

III.6.1.E. Calcium Ca+2

Le calcium est présent dans tous les sols, mais sous différentes formes et en proportion variable. Le calcium joue un rôle déterminant sur les fertilités physique (stabilité des structures du sol, sensibilité à la battance, échanges gazeux et hydriques...), chimiques (fonctionnement de la CEC, désalinisation...) et biologique (activité de la biomasse microbienne...) du sol, il est aussi joue un rôle capital dans la structure des végétaux car il entre dans la composition des cellules et les sodes entre elles et participe au développement racinaire et à la maturation des fruits.

III.6.1.F. La matière organique :

Le terme «matières organiques du sol» regroupe l'ensemble des constituants organiques morts ou vivants, d'origine végétale, animale ou microbienne, transformés ou non, présents dans le sol. Elles représentent en général 1 à 10 % de la masse des sols.

Dans le sol, les MO assument de nombreuses fonctions agronomiques et environnementales. Elles assurent le stockage et la mise à disposition pour la plante, par minéralisation, des éléments nutritifs dont elle a besoin et elles stimulent l'activité biologique, étant à la fois source d'énergie et d'éléments nutritifs pour les organismes du sol. Aussi Elles ont un rôle central dans la structuration du sol et participent à sa stabilité vis-à-vis des agressions extérieures (pluie, tassement...) en limitant notamment l'érosion hydrique.

Les matières organiques jouent un rôle fondamental pour les autres compartiments de l'environnement en participant au maintien de la qualité de l'eau

par leur forte capacité de rétention des polluants organiques (pesticides, hydrocarbures...) et minéraux (éléments traces métalliques).

III.6.1.G. l'Azote :

L'azote (N) stimule la croissance de la plante et est responsable de sa coloration verte. C'est le facteur de rendement le plus important, car il entre dans la composition des protéines, de la chlorophylle et d'enzymes essentiels à la photosynthèse (captation de la lumière par la plante) et de la respiration.

Dans le sol, l'azote se trouve sous forme organique (humus) ou minérale (ammonium NH_4^+ , nitrate NO_3^-). L'azote sous forme d'ions nitrate, est un élément très soluble, peu retenu par le sol. Il risque fortement de polluer les rivières et les nappes phréatiques.

II.6.1.H. la porosité :

Comme tout milieu à caractère discontinu, le sol peut être considéré comme un assemblage de pleins et de vides, l'organisation des uns conditionnant les caractéristiques des autres. Les pleins sont constitués par la phase solide, squelette et plasma (argile + substances organiques et colloïdales diverses). Les vides occupés par les phases liquides et gazeuses représentent le système poral, siège des phénomènes de transfert, dont l'importance est évidente sur le plan du fonctionnement physico-hydrrique des sols (Chretien et al., 1987).

D'une manière générale, la porosité d'un sol est définie comme étant sa capacité à l'état solide à se laisser pénétrer par un fluide, appelée : capacité d'absorption; elle est dépendante de l'importance du pourcentage des vides que contient le sol. Par ailleurs, et vu l'importance de ce paramètre de porosité dans la texture des sols (Bir ,2012).

III.6.1.H.1. Calcul de la porosité :

La porosité se calcule avec la densité réelle et la densité apparente.

La formule pour le calcul de la porosité est la suivante :

$$\text{Porosité} = 1 - \text{densité réelle} / \text{densité apparente} \times 100$$

III.6.1.I. La densité apparente :

La densité est un poids par unité de volume, normalement exprimée en gramme par centimètre cube (g/cm³). L'eau a une densité de 1 g/cm³ (à 40 C). Deux types de mesures de densité sont utilisés généralement pour les sols. La densité réelle (d_r) correspond à la densité d'une terre sèche désagrégée : la moyenne pour le sol est de 2,65 g/cm³ ; la densité apparente (d_a) correspond au poids sec d'un volume de sol dont la structure n'a pas été perturbée. Il est aussi la masse d'une unité de volume du sol séché à 105 °C. Ce volume comprend aussi bien les solides que les pores. Elle est mesurée par la méthode des cylindres en utilisant les échantillons non perturbés, connaissant le poids sec constant des échantillons à 105 °C et le volume des cylindres des prélèvements utilisés (Blake et Hartage, 1986).

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 (Chawel, 1977).

III.6.1.I.1. Mode opératoire**III.6.1.I.1.1. Matériels utilisés**

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

III.6.1.I.1.2. Méthode du 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.

Chapitre IV : Résultats et discussion**IV. Résultats****IV. 1. Importance du questionnaire**

D'après le questionnaire que nous avons utilisé nous a permis d'avoir une idée générale sur les deux régions d'études. Nous avons constaté que les serres dans les deux régions été récentes, elles ont toutes 2 ans, l'utilisation des produits chimiques se fait chaque année parmi les produits utilisés à Boufarik onnote (Orvego, TRANSACT, EMACIDE 2.0% et PROPINEB) et à Attatba (CHLOROTALOIL, METIDATHION, TRADIMENOL AZOL), nous avons noté aussi que dans les deux régions Boufarik et Attatbails utilisent des engrais (NPK) (Annexe).

IV. 2. Caractérisation des sols étudiés

- **L'humidité**

D'après le graphe (fig n° 6) nous remarquons que le taux d'humidité varie entre 11.99% et 7.99%. Le taux le plus élevé est noté dans la région de Boufarik sur culture tomate cerise (11.99%) par ailleurs le taux le plus bas (7.99%) est observé dans la région de Attatba sur culture tomate kawa.

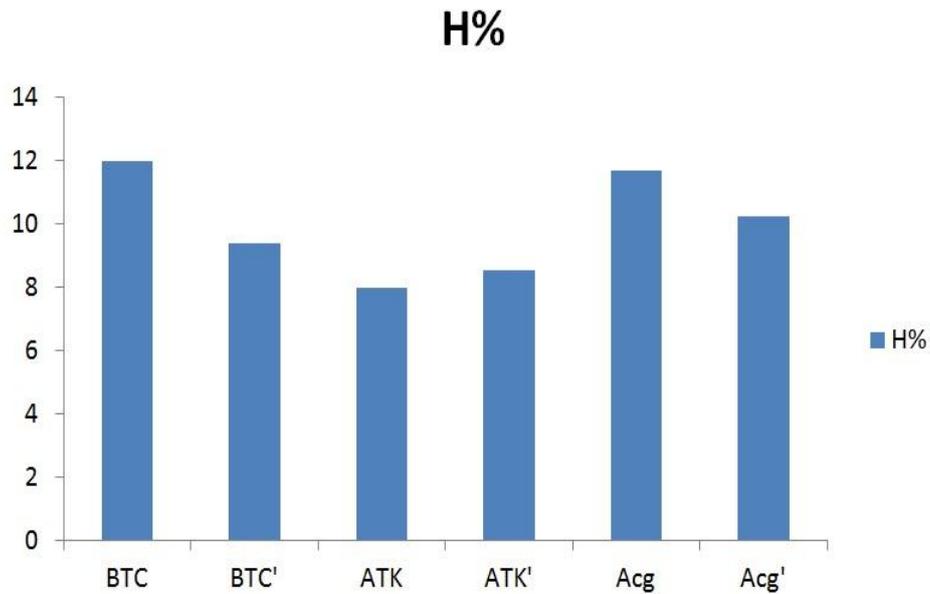


Fig n°6 : Le taux de l'humidité des six sols étudiés.

(BTC : Boufarik tomate cerise de profondeur 10cm. ;BTC' : Boufarik tomate cerise de profondeur 20cm. ;ATK : Attatba tomate kawa de profondeur 10cm. ;ATK' : Attatba tomate kawa de profondeur 20cm. ;Acg : Attatba courgette de profondeur 10cm. ;Acg' : Attatba courgette de profondeur 20cm)..

- **Le pH-eau**

Selon le graphe (fig n°7) la mesure de pH-eau varie entre les régions d'étude, à Boufarik il est entre 7.19 et 7.40 et à Attatba il est entre 7.61 et 7.79.

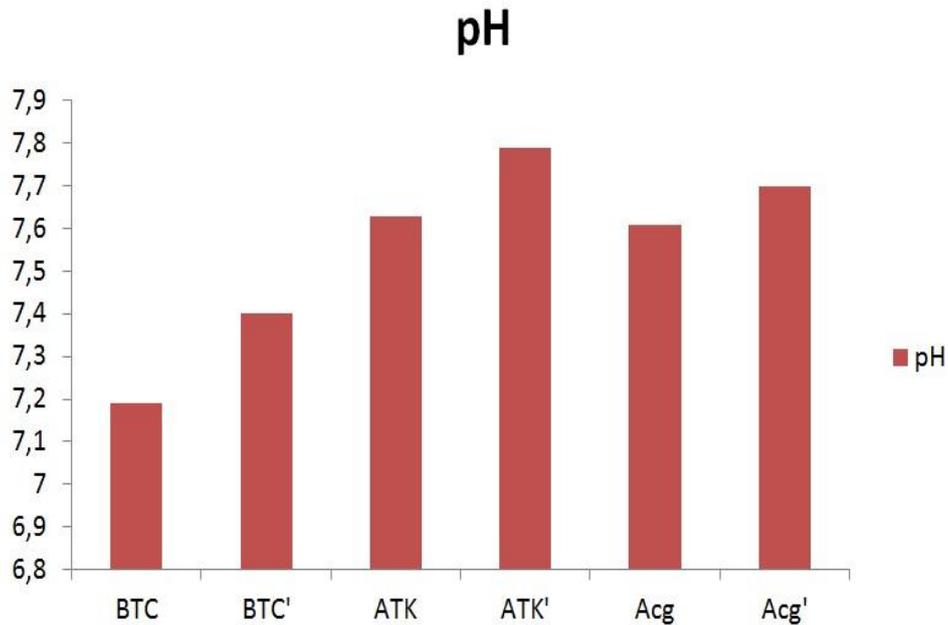


Fig n°7 : La mesure de pH-eau des six sols étudiés.

(BTC : Boufarik tomate cerise de profondeur 10cm. ;BTC' : Boufarik tomate cerise de profondeur 20cm. ;ATK : Attatba tomate kawa de profondeur 10cm. ;ATK' : Attatba tomate kawa de profondeur 20cm. ;Acg : Attatba courgette de profondeur 10cm. ;Acg' : Attatba courgette de profondeur 20cm).

- **La conductivité électrique**

D'après le graphe (fig n° 8) nous constatons que la mesure de la conductivité électrique varie entre 0.914 μ s et 0.65 μ s. La valeur la plus élevée est observé dans la région de Attatba (sur tomate kawa) par ailleurs la valeur la plus basse est noté dans la région de Boufarik (sur tomate cerise).

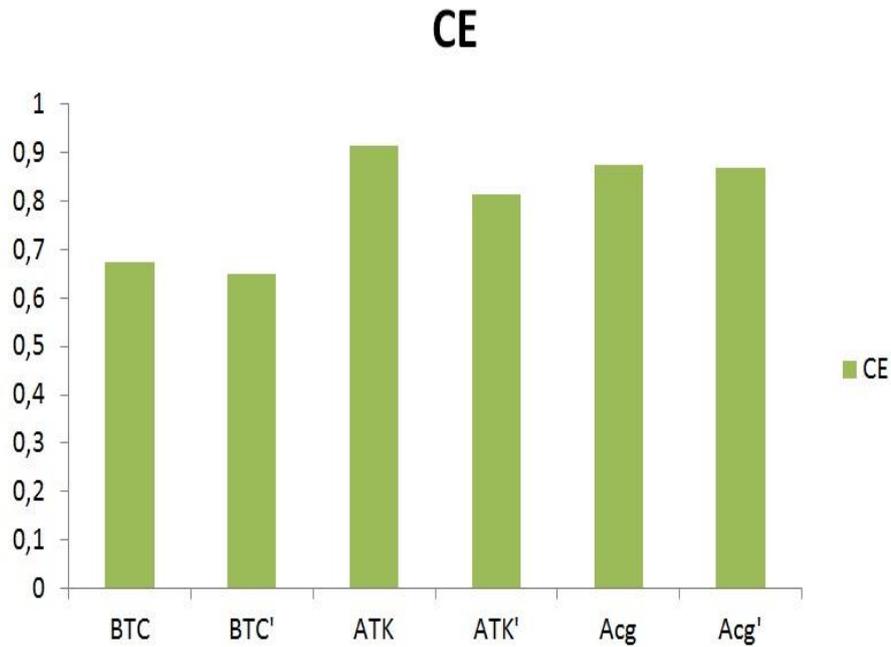


Fig n°8 : La mesure de la conductivité électrique des six sols étudiés.

(BTC : Boufarik tomate cerise de profondeur 10cm. ;BTC' : Boufarik tomate cerise de profondeur 20cm. :ATK : Attatba tomate kawa de profondeur 10cm. ;ATK' : Attatba tomate kawa de profondeur 20cm. ;ACg : Attatba courgette de profondeur 10cm. ;ACg' : Attatba courgette de profondeur 20cm).

- **La matière organique**

Selon le graphe (fig n°9) toutes les régions étudiées montrent un taux de matière organique moyennement pauvre variant entre 1.6 et 2.33 dans les régions d'Attatba et Boufarik respectivement.

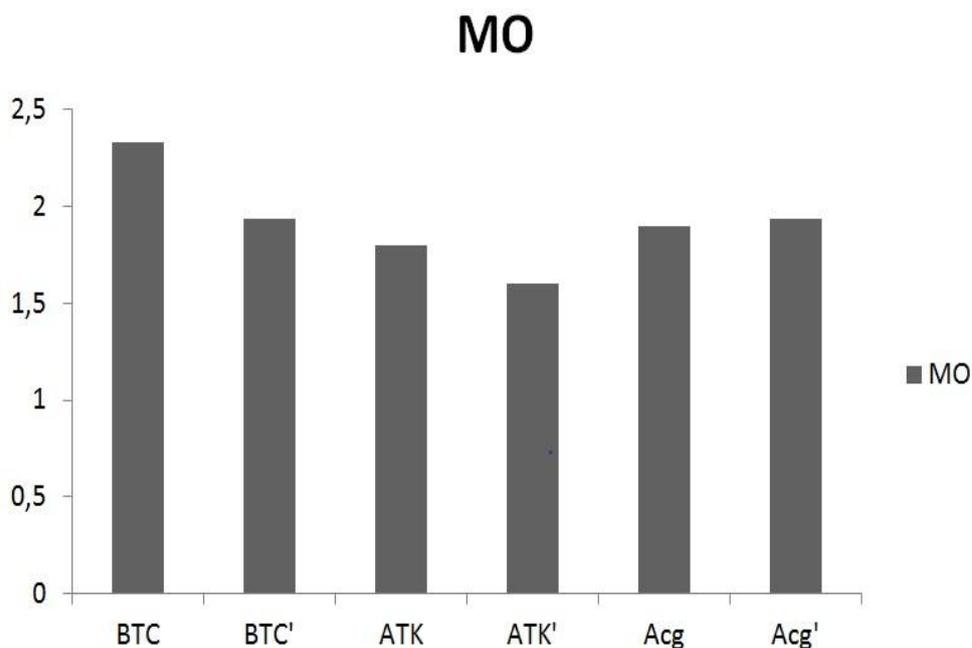


Fig n°9 :Le taux de matière organique des six sols étudiés

(BTC : Boufarik tomate cerise de profondeur 10cm. ;BTC' : Boufarik tomate cerise de profondeur 20cm. ;ATK : Attatba tomate kawa de profondeur 10cm. ;ATK' : Attatba tomate kawa de profondeur 20cm. ;Acg : Attatba courgette de profondeur 10cm. ;Acg' : Attatba courgette de profondeur 20cm).

- **Le calcaire total**

D'après le graphe (fig n°10) la région de Boufarik montre un taux de calcaire quasiment nul dans les deux profondeurs à l'inverse la région d'Attatba présente au taux de calcaire presque identique dans les différents cultures et profondeurs.

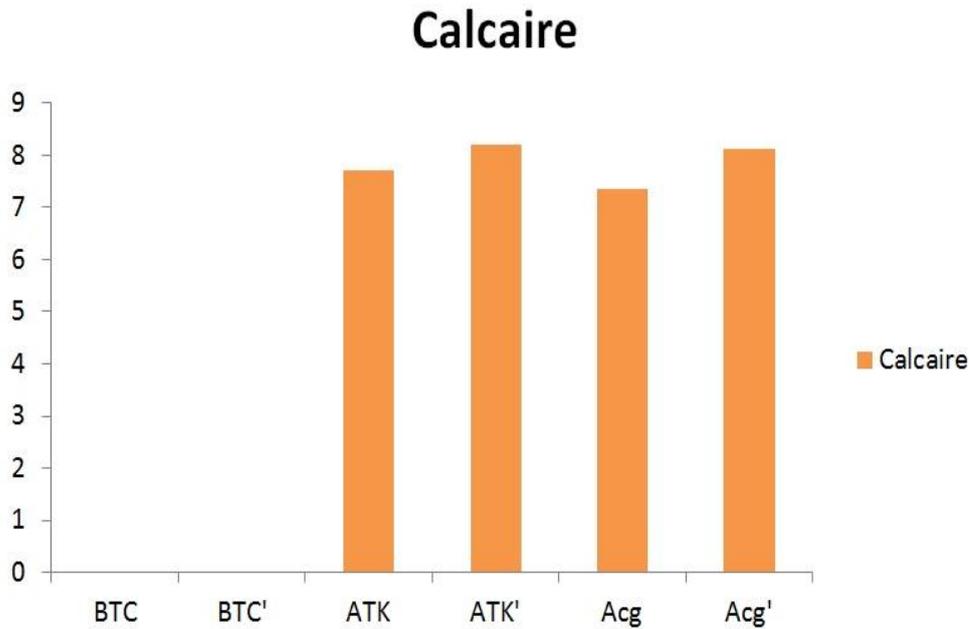


Fig n° 10: La mesure de calcaire de six sols étudiés.

(BTC : Boufarik tomate cerise de profondeur 10cm. ;BTC' : Boufarik tomate cerise de profondeur 20cm. ;ATK : Attatba tomate kawa de profondeur 10cm. ;ATK' : Attatba tomate kawa de profondeur 20cm. ;Acg : Attatba courgette de profondeur 10cm. ;Acg' : Attatba courgette de profondeur 20cm).

- **Le calcium**

Selon le graphe (fig n°11) nous constatons que le taux de calcium est plus au moins égal dans les deux profondeurs des deux régions étudiées. Le taux varie entre 5.3 et 10.35. La valeur la plus élevée est inscrite dans la région d'Attatba (culture de courgette noir), et la valeur la plus basse est notée dans la région de Boufarik (culture tomate cerise).

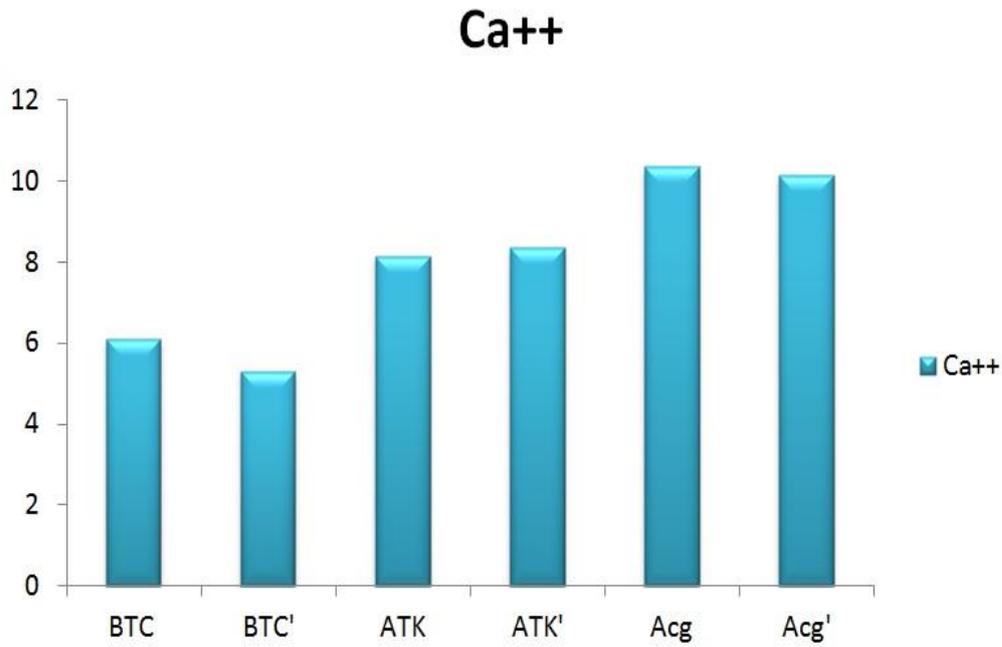


Fig n°11 : La mesure de calcium des six sols étudiés.

(BTC : Boufarik tomate cerise de profondeur 10cm. ;BTC' : Boufarik tomate cerise de profondeur 20cm. ;ATK : Attatba tomate kawa de profondeur 10cm. ;ATK' : Attatba tomate kawa de profondeur 20cm. ;Acg : Attatba courgette de profondeur 10cm. ;Acg' : Attatba courgette de profondeur 20cm).

IV.3. les champignons prédateurs et parasites utilisée en lutte biologique contre les *Meloidogyne*

IV.3.1.Espèces de champignons nématophages prédateurs et parasites des nématodes déterminées

Après l'observation à l'état frais et en utilisant les différentes clés de détermination, nous avons pu identifier 12 espèces de champignons nématophages (prédateurs et parasites) : *Arthrobotrys musiformis* , *Arthrobotrys oligospora* , *Arthrobotrys dactyloïdes* , *Rhopalomyces elegans* , *Stylopage cephalote* , *Torula herbarum* , *Dactylella ellipsospora* , *Verticillium lateritium* , *Harposporium anguillulae* , *Dactylaria* sp , *Dactylella brochopaga* , *Chlorodium* sp.(fig n°13).

IV.3.2.Description de différentes genres et espèces de champignons nématophages

La description des champignons nématophages est basée sur les caractères biométriques des spores des conidies des conidiophores, anneaux constricteurs, réseaux mycéliens.

- ***Stylopage cephalote*** : le genre *Stylopage* est caractérisé par des conidies unicellulaires allongées. Il peut présenter des hyphes et des boutons adhésifs (Barnett et Hunter, 1998. (photo n°13)

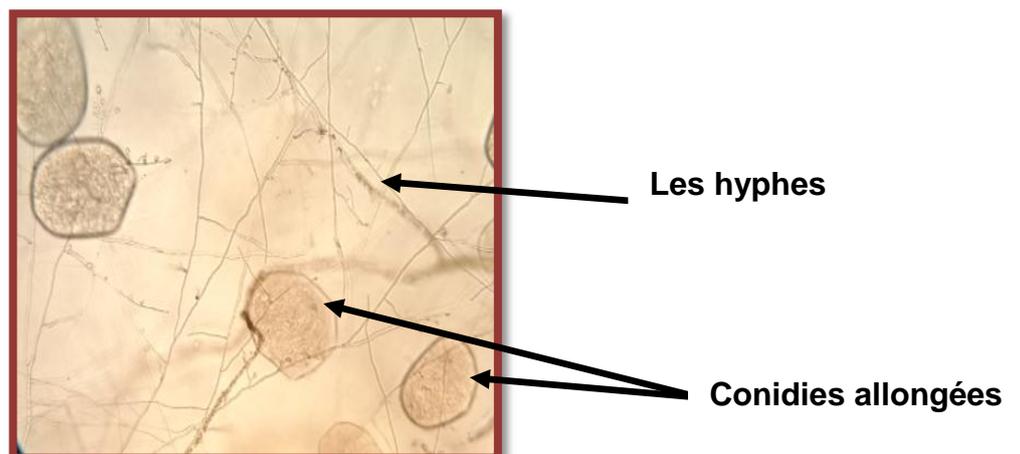


Photo n°13 : *Stylopage cephalote*.

- ***Rhopalomyces elegans*** : les conidies sont 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°14)

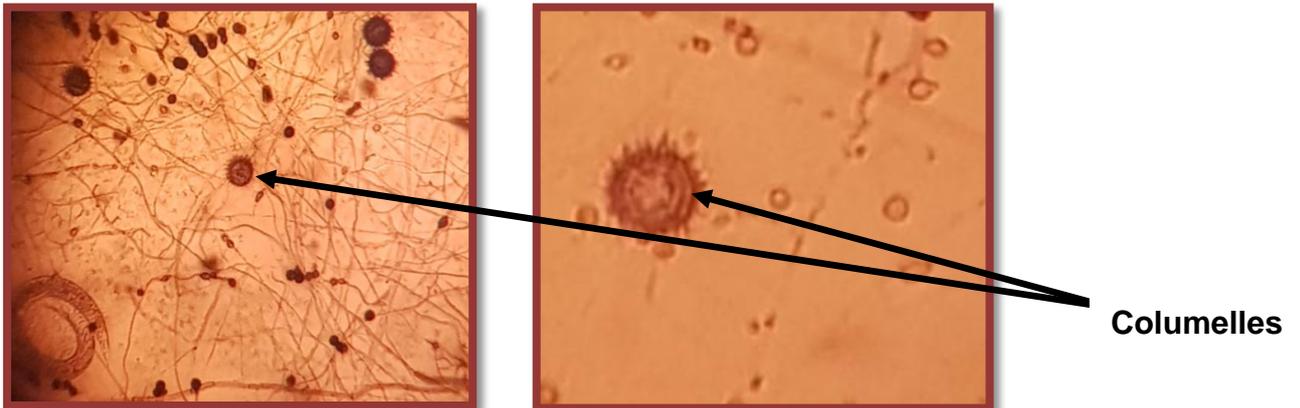


Photo n° 14 : *Rhopalomyces elegans*.

- ***Dactylaria*** : Conidiophores plus ou moins érigés, simples, courts, parfois peu différenciés du mycélium, des hyalines, des 2 à plusieurs, des cylindriques ou des calves, par fois plus longs et célibataires au sommet; saprophytes ou parasites sur les nématodes. (photo n° 15 ,16)

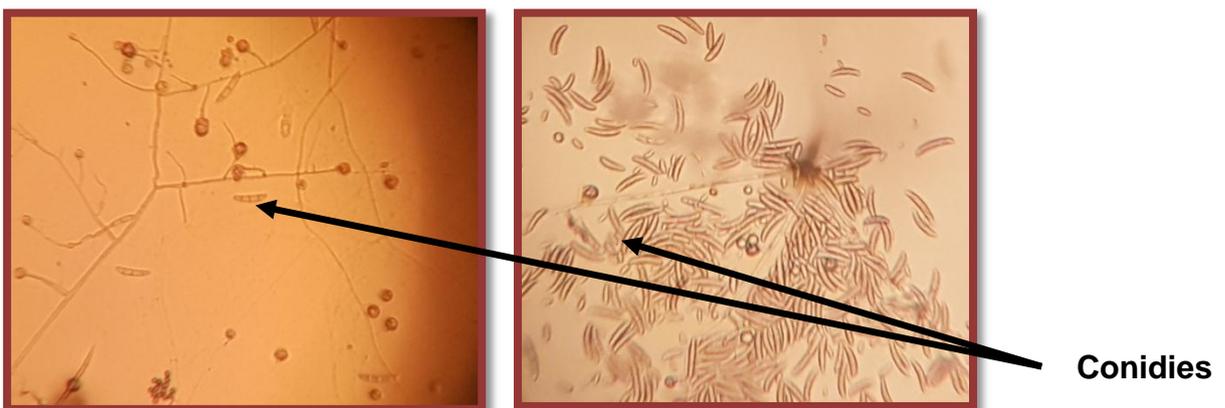


Photo n°15 : *Dactylaria brochopaga*.

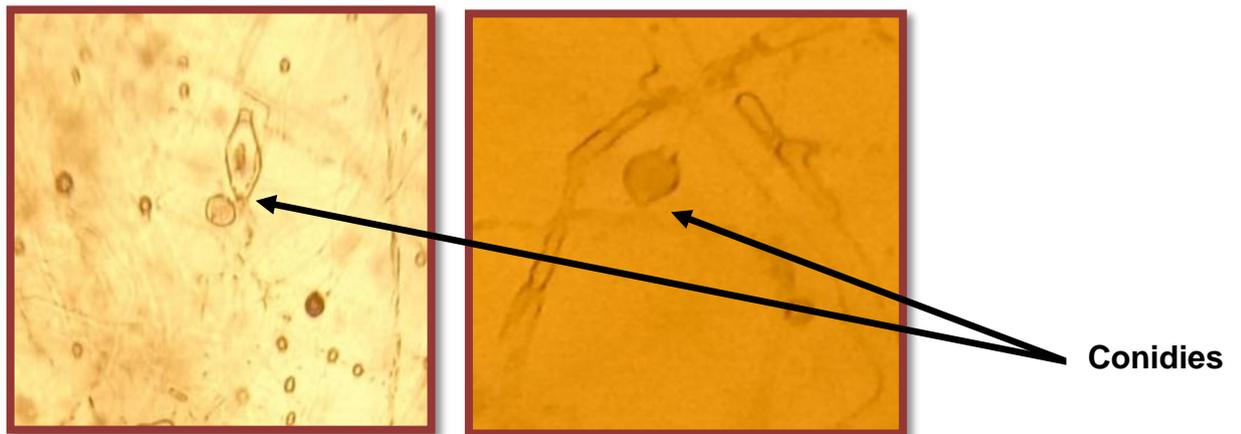


Photo n° 16 : *Dactylaria* sp.

- ***Arthrobotrys musiformis*** :c'est une espèce qui possède des chlamydo-spores 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).(photo n°17)

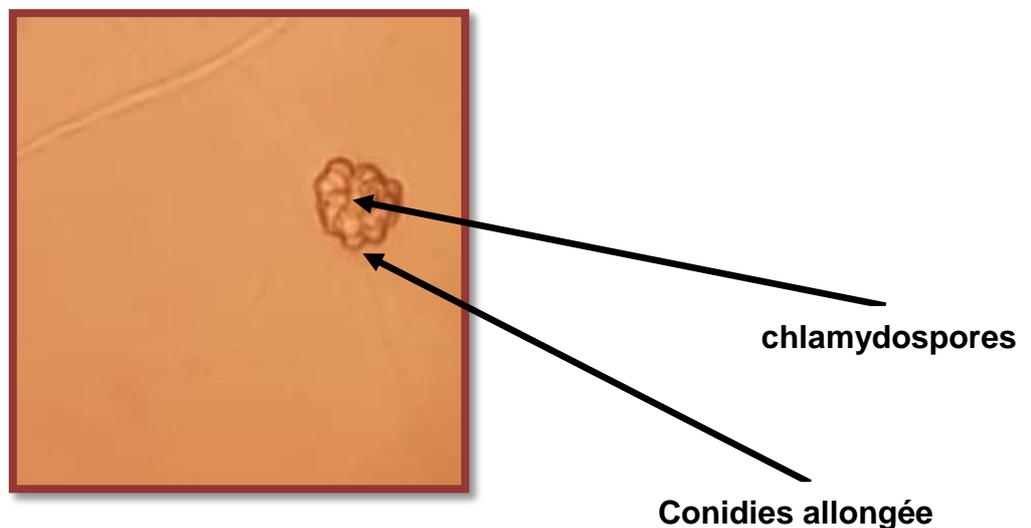


Photo n° 17: *Arthrobotrys musiformis*.

- ***Arthrobotrys dactyloïdes***: il est caractérisé par des conidies pronlongées ellipsoïdes, légèrement incurvées soutenues dans le faisceau de l'apex du conidiophore (Nordbring-Hertz, 1979). (photo n° 18)

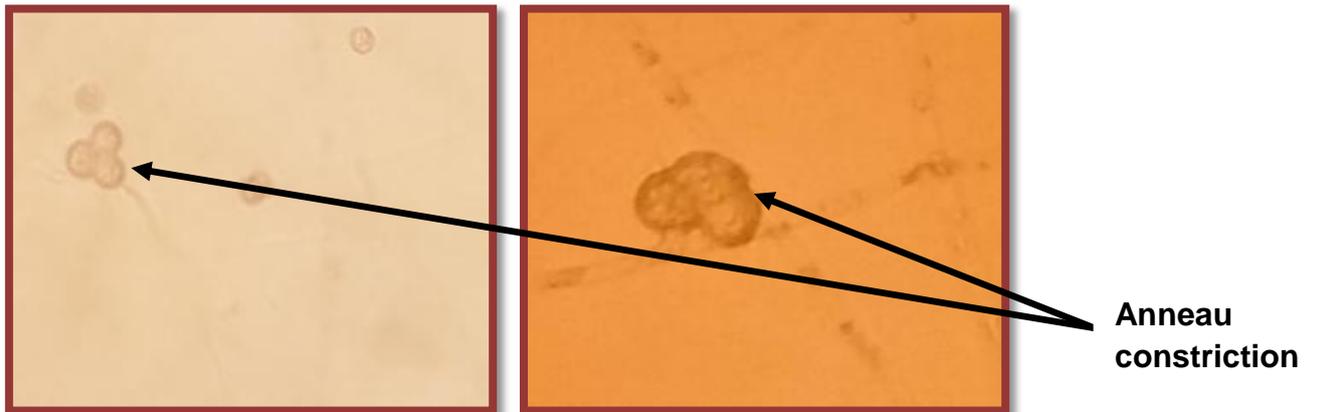


Photo n°18 : *Arthrobotrys dactyloides*.

- ***Dactylella ellipospora*** : espèce qui présente des boutons adhésifs pédonculés après germination des conidies. (Buyck, 1986). (photo n°19)
- ***Harposporium anguillulae*** : il est caractérisé par un mycélium peu extensif. Les conidies sont hyalines à une cellule allongée, il produit de petites conidies et des spores qui adhèrent à la cuticule des nématodes (Barnett et Hunter, 1998). (photo n°20)

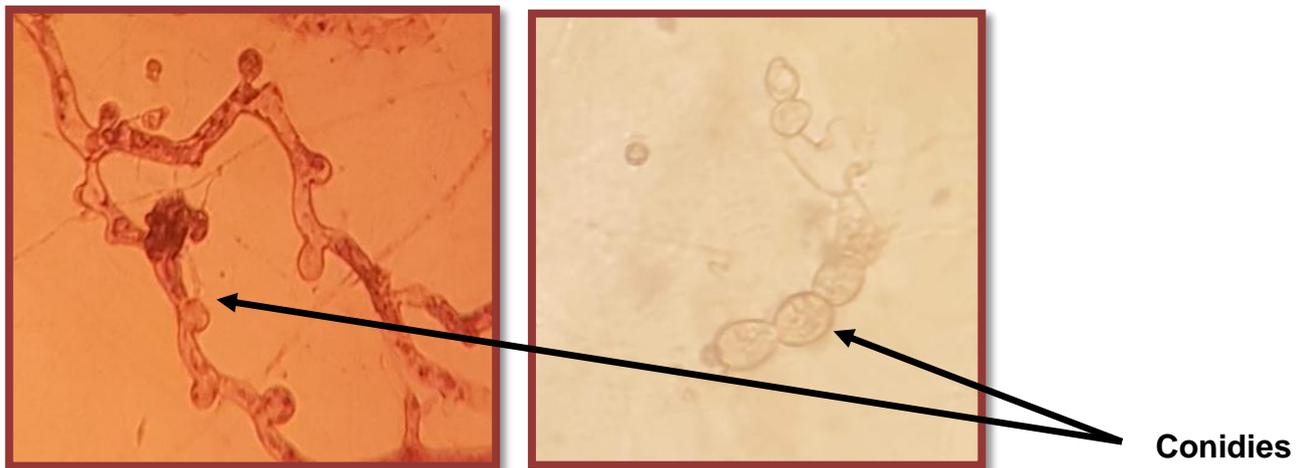


Photo n°19 : *Dactylella ellipospora*.

Photo n°20 : *Harposporium anguillulae*

- ***Torula herbarum***: Fructification en grand nombre enroulant les tiges et s'étendant sur plusieurs centimètres .Conidiophores très court, brun, se terminant par une cellule gonflée, avec une sombre paroi épaisse à base verruqueusee chinulée. (Link, 1832). (photo n°21)

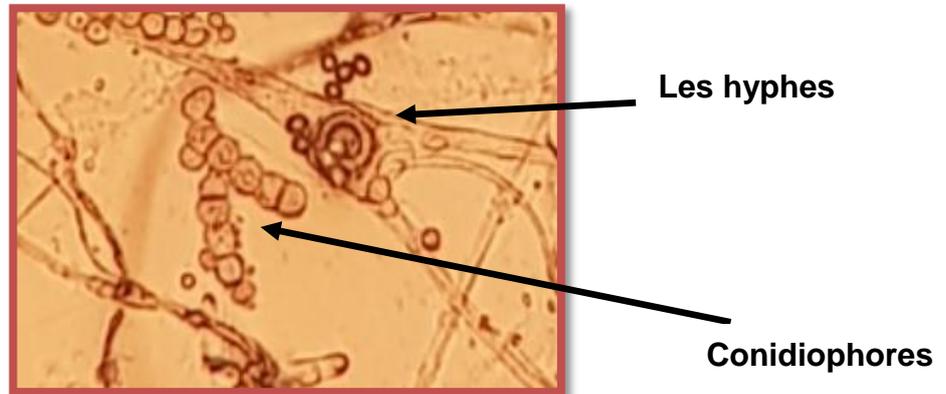


Photo n°21 : *Torula herbarum*.

- ***Verticillium lateritium*** : Le *hyphomycètes* champignon *Verticillium lateritium* est un pathogène généralisé des œufs et des femelles de nœuds racine et les nématodes à kystes (Willcox et Tribe, 1974 ; Kerry et Crump, 1977 ; Morgan- Jones et al. , 1981).(photo n°23)

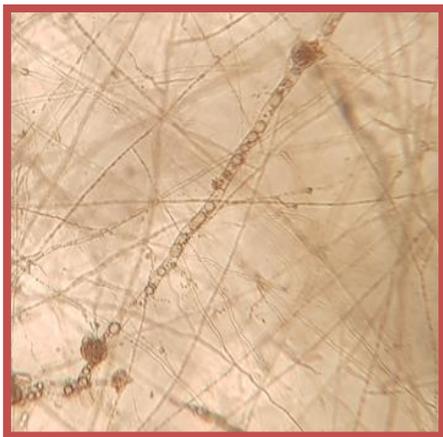


Photo n°22 : *Chlorodium* sp.



Photo n°23 : *Verticillium lateritium*.

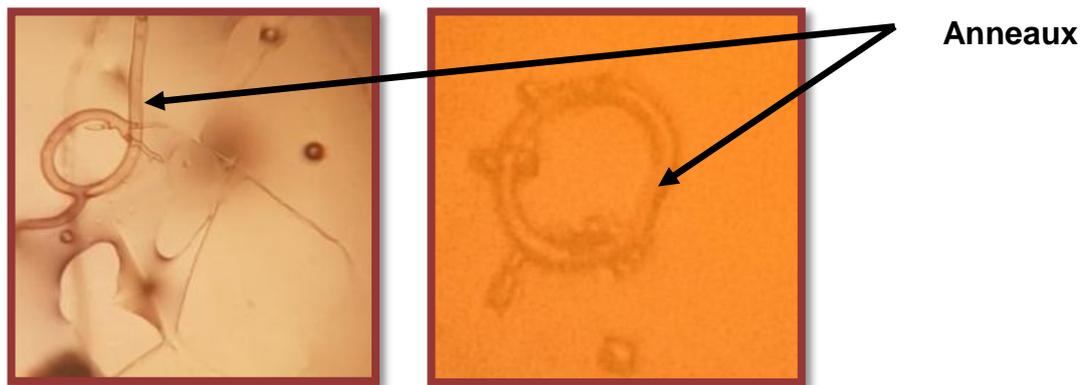


Photo n°24 : Anneaux prédateurs.

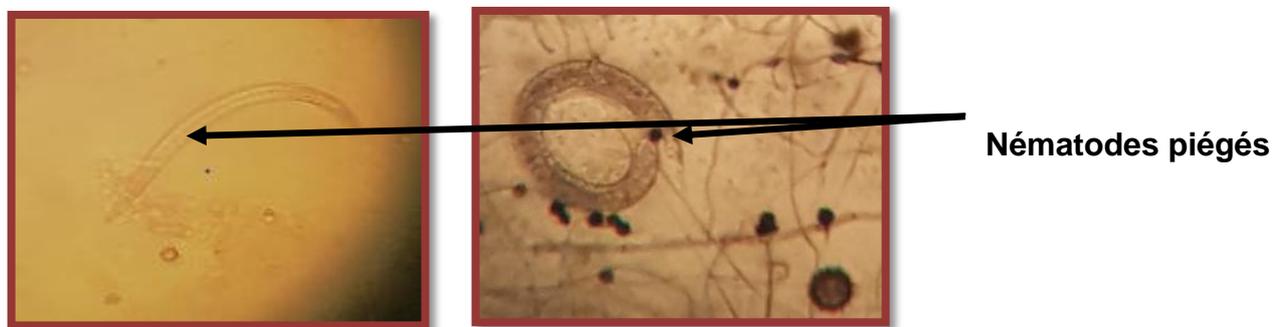


Photo n°25 : Nématodes piégés.

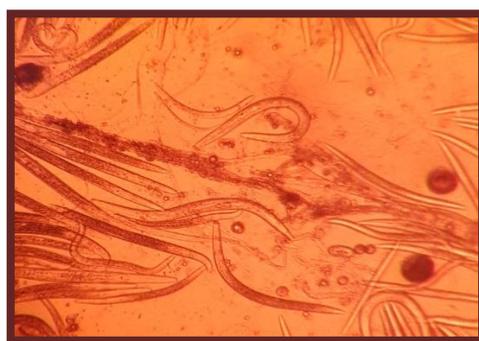


Photo n°26 : Les bactérivores.

Fig n°12 : Différents champignons prédateurs et parasites de *Meloidogyne* sp identifiés dans la région d'étude. (Original, 2019).

IV. 4. La fréquence des champignons nématophages

Dans notre étude nous avons constaté que la fréquence de différentes espèces de champignons nématophage (parasites et prédateurs) présents dans chaque échantillon de sol étudiés a été évaluée par rapport à leurs présences dans les quatre répétitions :

Absence d'espèce : 0%

Espèce présente dans une seule répétition : 25%

Espèce présente dans une deux répétition : 50%

Espèce présente dans une trois répétition : 75%

Espèce présente dans toutes les répétitions : 100%

- **Région d'Attatba (tomate kawa ,10cm)** : nous avons identifié 05 espèces de champignons nématophage (prédateurs et parasites) : *Rhopalomyces elegans*, et *Arthrobotrys musiformis*, *Stylopaga cephalote* avec une fréquence de 100%, *Harposorium anguilulae* et *Dactylaria* sp à 25%. (fig n°13).

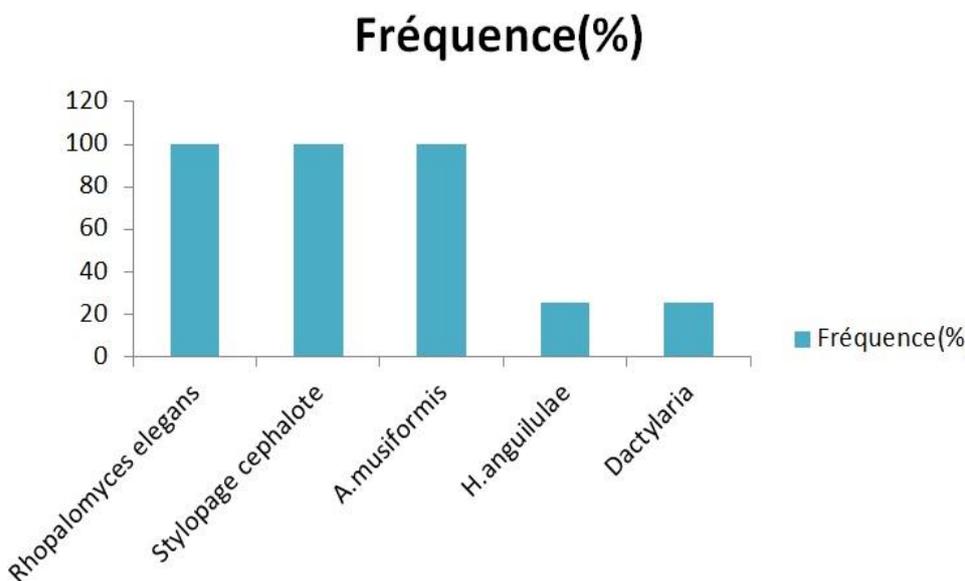


Fig n ° 13: Fréquence des champignons nématophages dans la région d'Attatba (tomate kawa profondeur 10 cm).

- **Région d'Attatba (tomate kawa ,20cm)** : nous avons identifié 05 espèces de champignons nématophage : *Rhopalomyces elegans* avec un fréquence

de 100% ,*Stylopagecephalote*, *Arthrobotrysmusiformis* et *Arthrobotrysdactyloides* à 50%, *Dactyllelaellipsospora* 25%. (fig n°14).

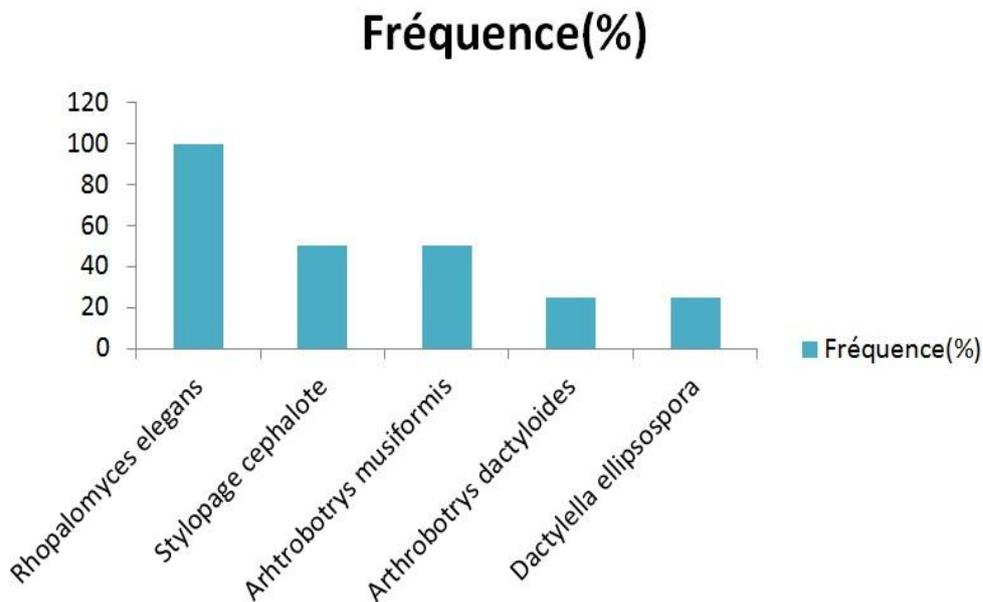


Fig n °14 : Fréquence des champignons nématophages dans la région D'Attatba (tomate kawa profondeur 20 cm).

- **Région d'Attatba (tomate kawa 10cm, 20cm)** : Selon la (fig n°15) la région d'Attatba dans les deux profondeurs présente un nombre d'espèce de champignons nématophage identiques (05 espèces),mais avec une différence de fréquence sauf pour les espèces de *Rhopalomyceselegans* (100%) et *Dactylariasp* (25%).

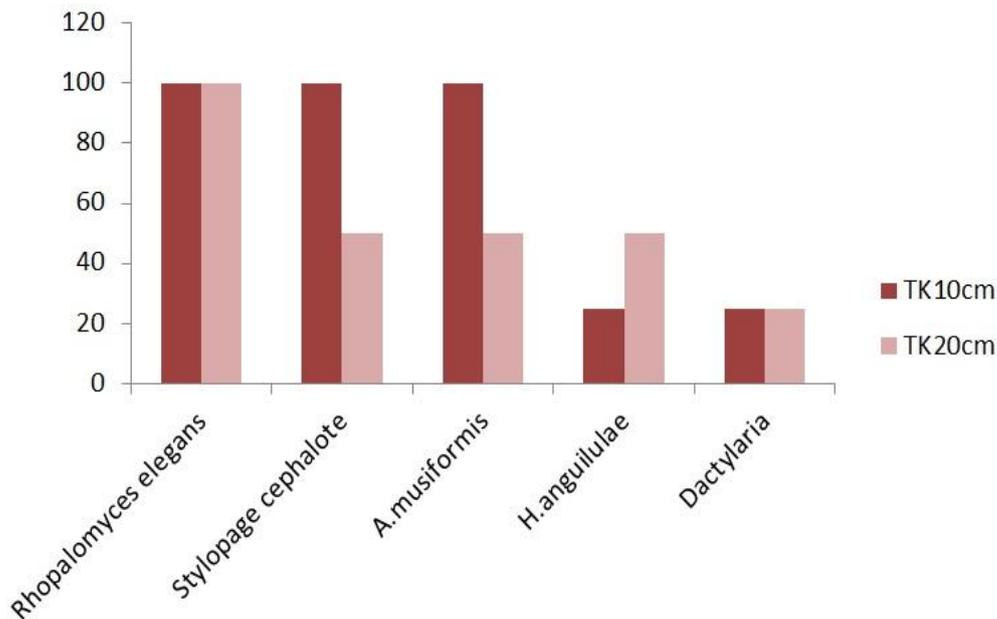


Fig.n° 15: Fréquence des champignons nématophages dans la région d'Attatba (tomate kawa profondeur 10cm et 20cm).

- Région de Boufarik (tomate cerise ,10cm) :** 08 espèces de champignons nématophage (prédateurs et parasites) ont été identifiées il s'agit de : *Rhopalomyces elegans* avec une fréquence de 100%, *Stylopaga cephalote*, *Dactylaria* à 75%, *Verticillium lateritium* et *Dactylaria* à 50%, *Chlorodium* sp, *Arthrobotrys oligospora*, *Arthrobotrys musiformis* à 25%. (fig.n°15).

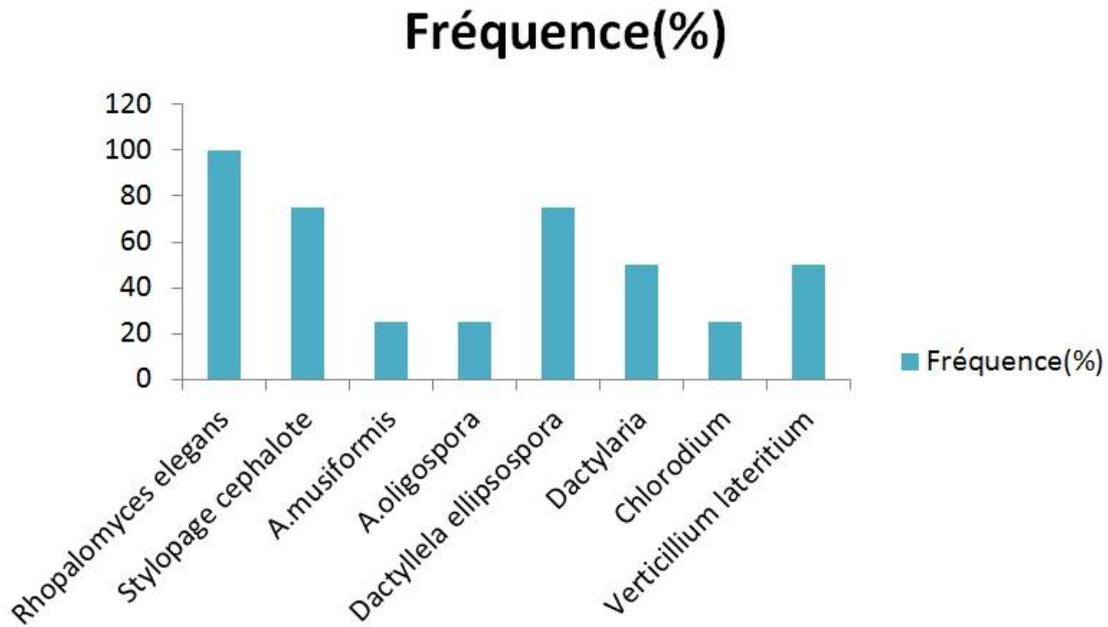


Fig n °16: Fréquence des champignons nématophages dans la région De Boufarik (tomate cerise profondeur 10 cm).

- Région de Boufarik (tomate cerise, 20cm) :** 05 espèces de champignons nématophage (prédateurs et parasites) ont été identifié il s'agit de : *Rhopalomyces elegans* de 100%, *Stylopage cephalote* à 75% *Arthrotricedactyloides* et *Dactylaria brochopaga* à 50% *Verticillum lateritium* à 25%. (fig n°17).

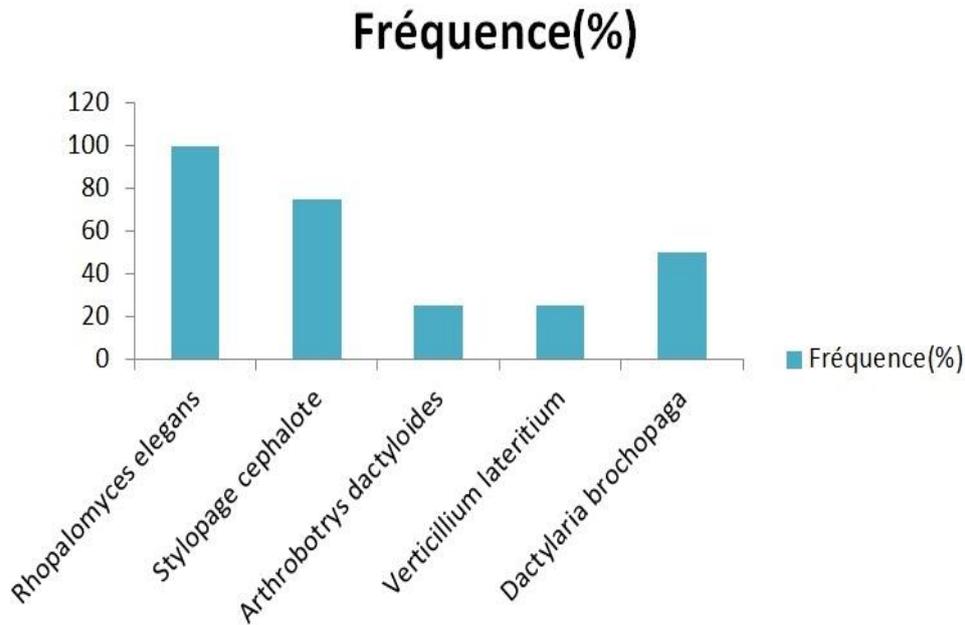


Fig n °17 : Fréquence des champignons nématophages dans la région

De Boufarik (tomate cerise profondeur 20 cm).

- **Région de Boufarik (tomate cerise 10cm, 20cm)** : Selon la (fig n°18) la région de Boufarik montre une différence de nombre d'espèces dans les profondeurs (10cm et 20cm) 07 espèces et 05 espèces respectivement.

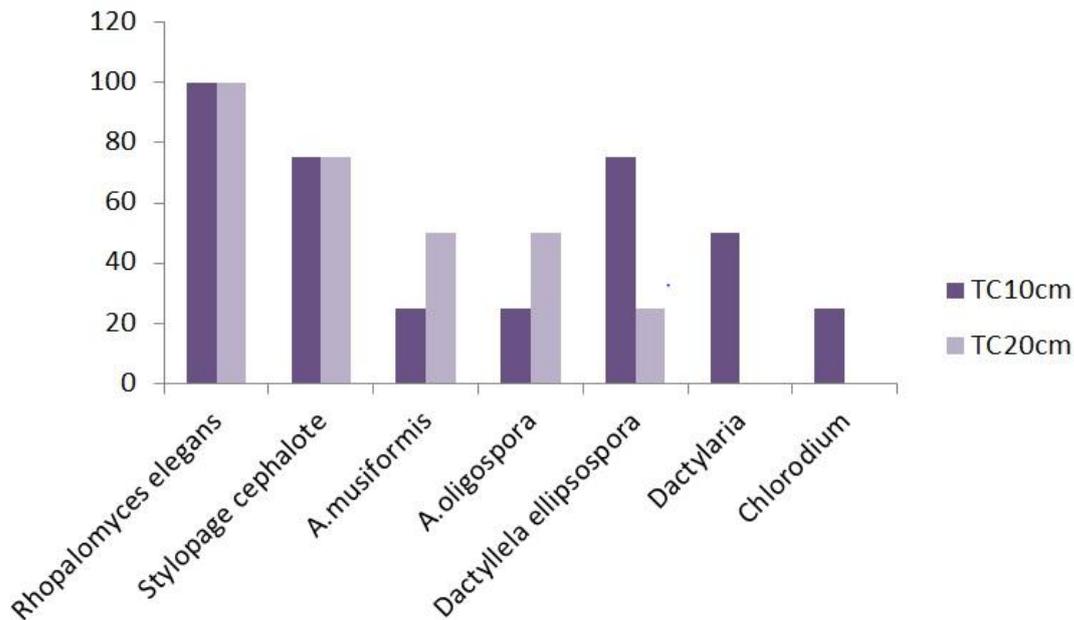


Fig.n°18 : Fréquence des champignons nématophages dans la région de Boufarik (tomate cerise profondeur 10cm et 20cm).

- Région d'Attatba (courgette noir,10cm)** :09 espèces de champignons nématophage ont été identifiées, la fréquence de *Rhopalomyces elegans*, *Stylopaga cephalote* et *Arthrobotrys dactyloides* à 100% , la fréquence de *Dactylaria brochopoga* à 75% et pour *Arthrobotrys musiformis* et *Dactyllella ellipsospora* et *Arthrobotrys oligospora*, *Harposporium anguilulae* à 25% et *Torula herbrum* à 50%. (fig n°19).

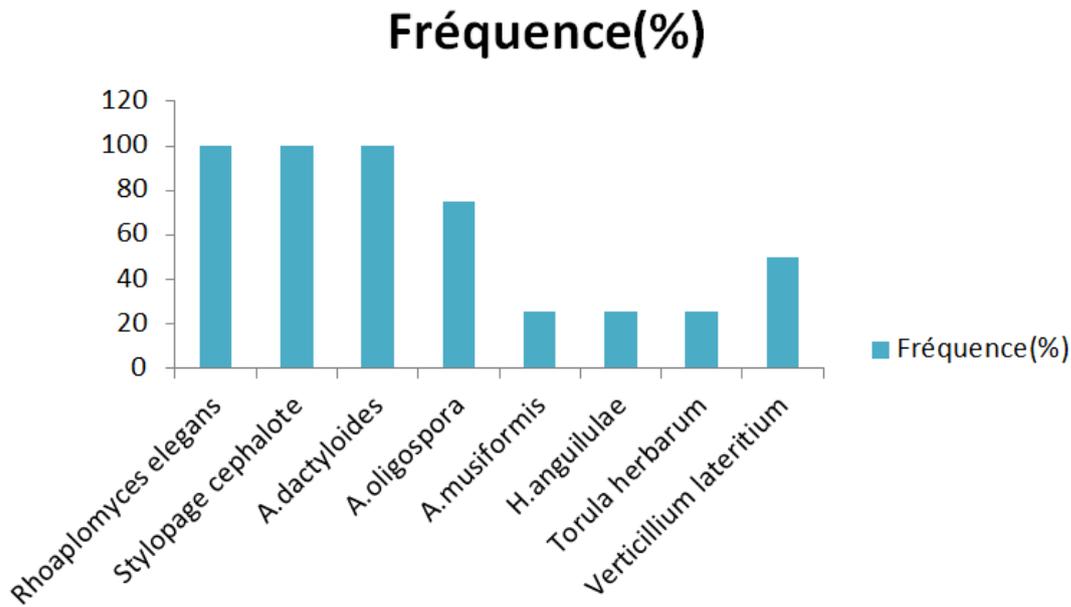


Fig n °19: Fréquence des champignons nématophages dans la région D'Attatba (courgette noir profondeur 10 cm).

- Région d'Attatba (courgette noir, 20cm) :** nous avons identifié 08 espèces de champignons nématophage (prédateurs et parasites) : *Rhopalomyces elegans* et *Stylopage cephalote* et *Arthrobotrys dactyloides* avec une fréquence de 100% et *Arthrobotrys oligospora* à 75 % *Verticillium lateritium* avec une fréquence de 50%, *Arthrobotrys musiformis* et *Torula herbarum* et *Herposporium anguilulae* avec une fréquence de 25%. (fig n°20).

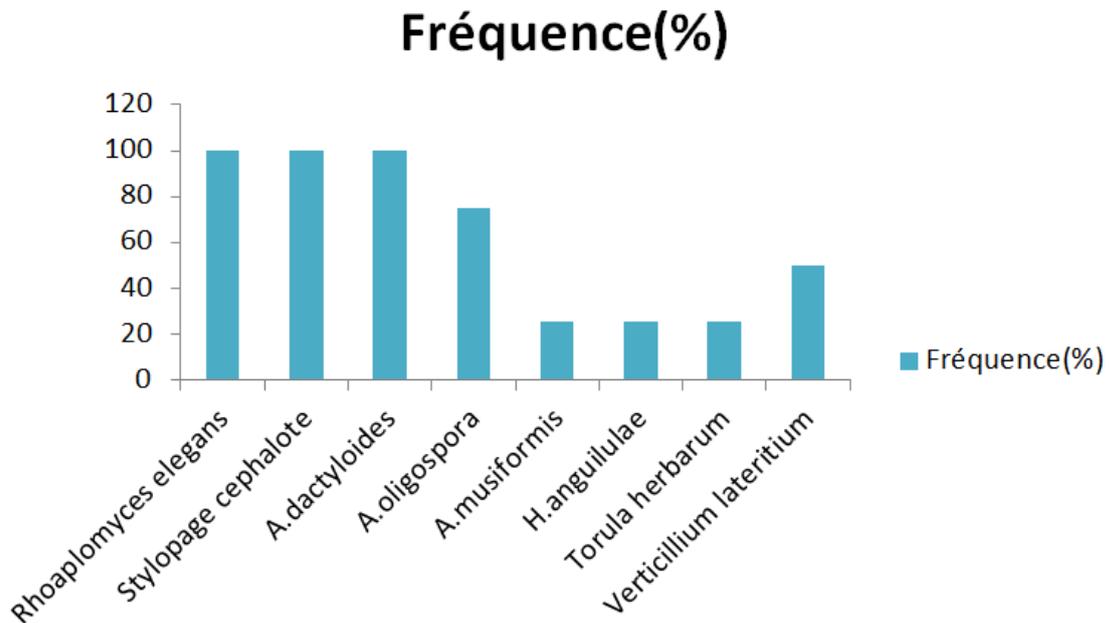


Fig n °20: Fréquence des champignons nématophages dans la région D'Attatba (courgette nour profondeur 20 cm)

- **Région d'Attatba (courgette nour 10cm, 20cm) :** D'après (fig n°21) la région d'Attatba montre une différence de nombre d'espèces dans les profondeurs (10cm et 20cm), 09 espèces et 08 espèces respectivement.

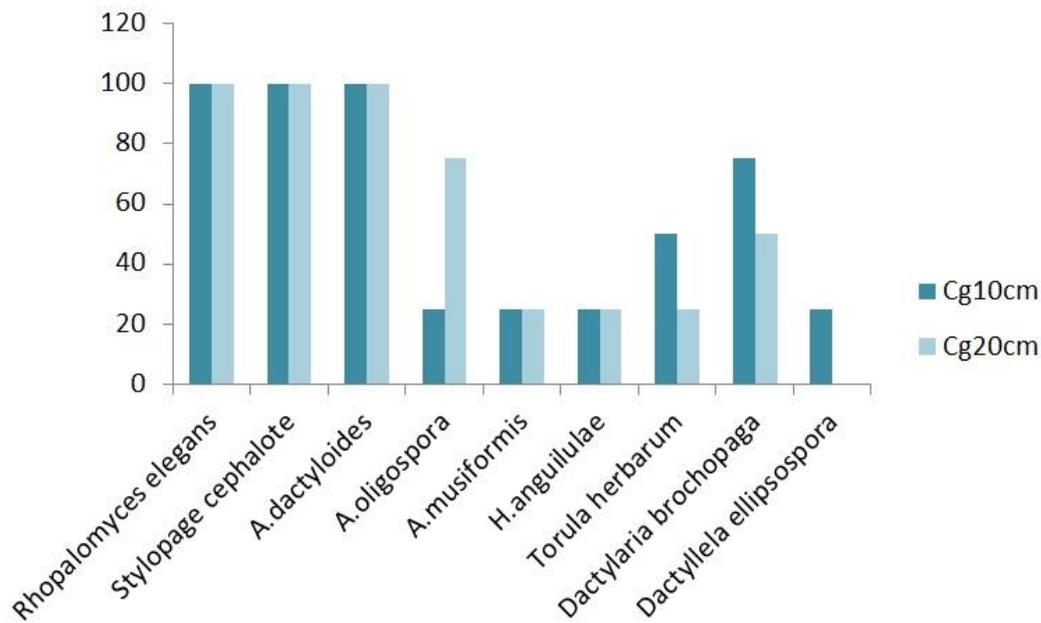


Fig.n°21 : Fréquence des champignons nématophages dans la région'Attatba (Courgettenour profondeur 10cm et 20cm).

IV.5. Analyse statistique

Le modèle GLM a été appliqué pour comparer la répartition des espèces de champignons nématophage en fonction des (régions ,cultures ,profondeurs)

- Le modèle G.L.M appliqué à la répartition globale des champignons nématophages identifiée en fonction des régions étudiées (Attatba et Boufarik) (Fig n°22) montre une différence non significative la probabilité est ($p=0.53$; $>p 0.05$).

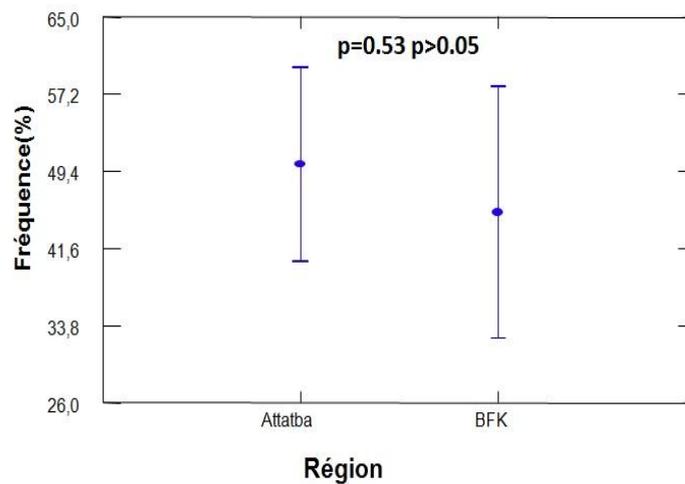


Fig.n°22 : Effet des régions sur la répartition des champignons nématophages.

- Le modèle G.L.M appliqué à la répartition globale des cultures en fonction des variétés (tomate Kawa, tomate cerise et courgette noir) montre une différence non significative, nous avons remarqué la probabilité est ($p=0.25$; $>p 0.05$) (Fig n°23).

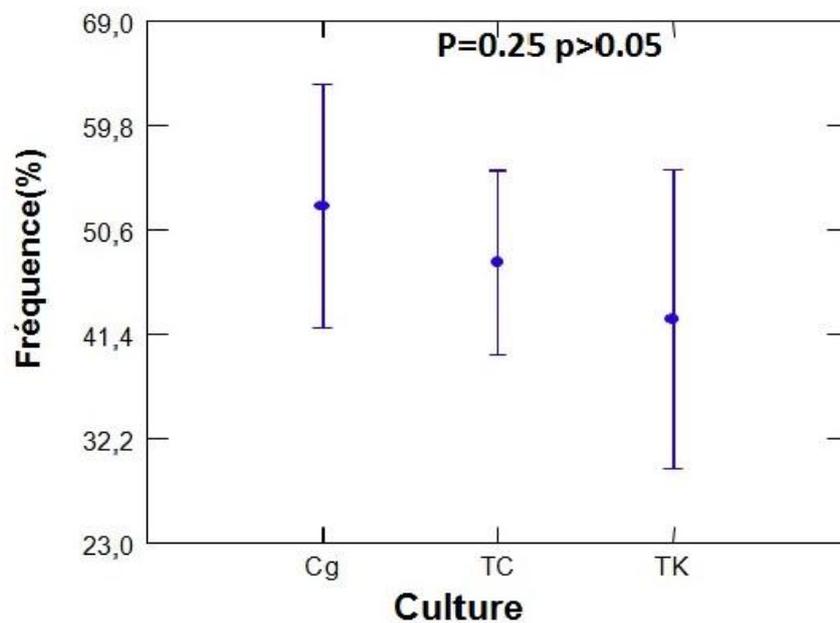


Fig.n°23 : Effet des cultures sur la répartition des champignons nématophages.

- Le modèle G.L.M appliqué à la répartition globale des champignons nématophages identifiée en fonction de profondeur (10 m et 20 cm)
 - o (Fig n°24) montre une différence non significative la probabilité est ($p=0.39$; $p>0.05$).

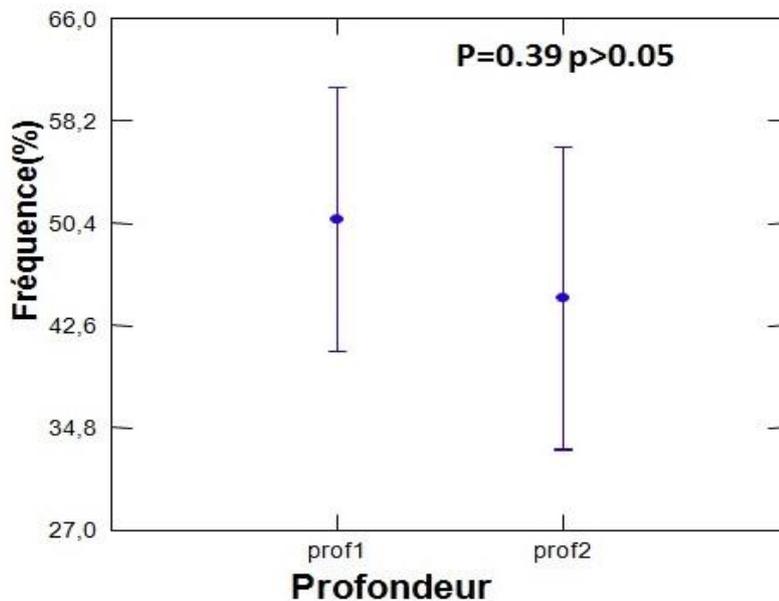


Fig n°24: Effet des profondeurs sur la répartition des champignons nématophages.

- Le modèle G.L.M appliqué à la répartition globale des champignons nématophages identifiés en fonction des genres (*Arthrobotrys sp*, *Dactylaria sp*, *Dactyllela sp*, *Harposporium*, *Rhopalomyces sp*, *stylopage sp*, *Torula sp*, *chlorodium sp*, *Verticillium sp*) (figure n° 25), montre une différence significative ; la probabilité respective est ($p=0,00$; $p>0.05$).

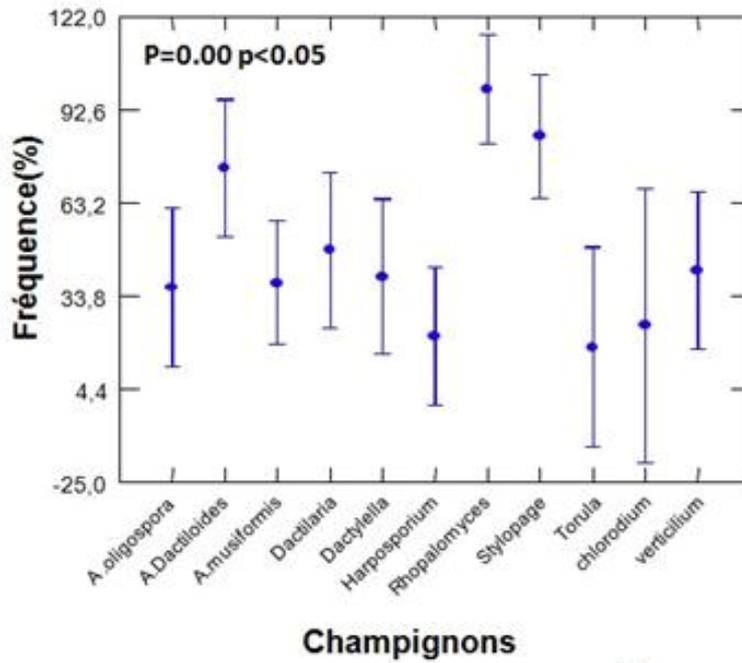


Fig n°25 : La répartition des champignons nématophages selon les facteurs (cultures, variétés et profondeurs).

IV.6. Discussions

D'après le questionnaire établi nous avons noté que dans les stations des deux régions étudiées (Boufarik et Attatba) on utilise des produits phytosanitaires (Orvego, TRANSACT, EMACIDE, Aliette Flash, PROPINEB, Orus 6%, PREVICURQ, TRADIMENOLAZOL, METIDATHION) et que l'apport de NPK se fait automatiquement, l'arrosage des cultures se fait par le goutte à goutte et que les serres ne sont pas en mauvaise états.

On note aussi que Les agriculteurs utilisent les pesticides, sans tenir compte de l'état d'infestation du sol par les *Meloidogyne*, cela montre que l'intervention chimique dans les régions d'étude est systématique et anarchique. Cette dernière provoque un déséquilibre écologique de la faune du sol.

D'après Davet, 1996, la fumigation détruit indistinctement les parasites et les microorganismes utiles. L'utilisation de pesticides dans les parcelles agricoles peut conduire à l'accumulation de molécules délétères dans les sols se traduisaient par une diminution significative de la densité des microorganismes du sol (Ahmed et *al.*, 1998).

Les produits fumigants (Bromure de méthyle, Chloropicrine, Dibrométhane, Dichloropropène) ou précurseurs de fumigants (Dazomet, Metham-Sodium), utilisés pour la désinfection préventive des sols, polluent les nappes phréatiques et laissent, eux aussi, des résidus dangereux pour les consommateurs (Bouguerra 1993).

L'étude pédologique effectuée montre que Boufarik est caractérisée par un sol limon- argileux et que Attatba présente un sol limon fin, pour le pH, il varie entre (7.2 et 7.4) dans la région de Boufarik et entre (7.6 et 7.8) dans la région de Attatba, un pH favorable pour le développement des champignons nématophages.

D'après les différents essais effectués, il est montré que le champignon du genre *Arthrobotrys* se développe rapidement dans un sol à pH neutre et alcalin (7,2 et 8,4) 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 (Caryol, 1983). Le Calcium est entre (5 et 10) dans les deux sols, ils ne sont pas salins et sont favorable pour le développement des

champignons, car d'après Cayrol (1979) les salinités élevées freinent la croissance mycélienne alors les sols à salinité excessive défavorise le développement des champignons nématophages. Le taux de la matière organique présent dans les deux sols étudiés est moyennement pauvre il est entre (1.6 et 2.33), Krentzes, 1965 fait remarquer que la matière organique peut également protéger les microorganismes du sol contre l'action des agents fumigants. Nous avons évalué l'hypothèse que la présence des champignons nématophages est liée à la richesse des sols en matière organique comme source d'énergie et élément constitutif pour leur synthèse cellulaire et leur croissance (Larouche, 1993).

Nous avons remarqué que les deux régions prospectées présentent des champignons nématophages prédateurs et parasites du Genre : *Arthrobotrys*, *Dactylella*, *Rhopalomyces*, *Dactilaria*, *Herposporium*, *Stylopaga*, *Torula* et *verticillium* et on a pu identifier 3 espèces du genre *Arthrobotrys* qui sont : *Arthrobotrysdactyloides*; *A.musiformis* ; *A.oligospora* .

Les études montrent que la présence des champignons nématophages est naturelle. (Cayrol et al, 1992, 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.

Nous constatons que les différents champignons nématophages présentent une diversité, les Genre les plus représenté est *Rhopalomyces*, *Stylopaga* et *Arthrobotrys* avec trois espèces *Arthrobotrys musiformis*, *Arthrobotrys oligospora* et *Arthrobotrys dactyloïdes* dans les deux stations. 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).

Conclusion générale

Dans notre étude, nous nous sommes attachés à l'inventaire des champignons nématophages en fonction des caractères des sols, la matière organique, les types de conduite des cultures et les produits phytosanitaires utilisés.

Nous avons noté que dans les stations étudiées (Boufarik et Attatba) ont utilisé des produits phytosanitaires (Orvego, TRANSACT, EMACIDE,).

L'étude pédologique effectuée montre que Boufarik est caractérisée par un sol limon- argileux et que Attatba présente un sol limon fin, les deux stations présente un pH neutre variant entre (7.2 et 7.8).

Nous avons identifié 12 genres de champignons nématophage (Prédateurs et parasites) : *Arthrobotrys musiformis*, *Arthrobotrys oligospora*, *Arthrobotrys dactyloïdes*, *Rhopalomyces elegans*, *Stylopaga cephalote*, *Torula herbarum*, *Dactylella ellipsospora*, *Verticillium lateritium*, *Harposporium anguillulae*, *Dactylaria* sp, *Dactylella brochopaga*, *Chlorodidium* sp.

Nous remarquons que l'espèce *Rhopalomyces elegans* était omniprésente (cultures et profondeurs) avec une fréquence de 100%, à l'inverse l'espèce *Chlorodidium* sp n'était présente que dans une seule répétition (culture tomate cerise à profondeur 10 cm) avec une fréquence de 25%.

D'après les résultats obtenus on note que la richesse de sol en matière organique favorise l'activité des champignons nématophages. On peut dire que le pH neutre à alcalin et la température entre 20° et 25° C stimulent le développement de genre *Arthrobotrys* sp et certaines espèces.

Selon le modelé G.L.M nous avons noté qui il y a une différence non significative entre la répartition globale des profondeurs (10 cm et 20 cm) et des régions (Attatba et Boufarik) et les cultures (tomate cerise, tomate kawa et courgette nour), par contre, une répartition significative entre les champignons nématophage (dans toutes les profondeurs, cultures, régions).

Conclusion générale

Enfin, on peut conclure que les pesticides de synthèse cause des sérieux problèmes environnementaux, de la sécurité alimentaire et sur la santé de consommateur. Dans ce contexte gérer les nématodes phytoparasites, par les méthodes alternatives est devenue nécessaire.

Donc notre étude vise à la recherche des auxiliaires performants comme les champignons nématophages (prédateurs et parasites) et les emploie en lutte biologique, pour une gestion durable de l'environnement et la santé humaine.

Les références bibliographiques

1. **ABAD P, GOUZY J, AURY JM, CASTAGNONE-SERENO P, DANCHIN EG, DELEURY E, PERFUS-BARBEOCH L, et ANTHOUARD V., 2008** - Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. *Nat. Biotechnol.* 26 : 909-9015.
2. **AHMAD I., MEHMOOD Z., et MOHAMMAD F., 1998**- Intérêt de la biodiversité microbienne pour la biodégradation de xénobiotiques agricoles. Screening of some Indian medicinal plants for their antimicrobial properties .*J. Ethnopharmacol*, 62, p.p183-193.
3. **ANDRES, 2003.** in European medicines agency, 2012. Assessment report on *Cucurbita pepo* L., semen.44p.
4. **ANONYME, 2003-** Produire des semences de courgette dans un itinéraire agrobiologique. fiche rédigée par V.ABAZATZIAN, J.F.LIZOT (ITAB), F.COLLIN et L.BRUN (FNAMS) avec la participation de E.Laurent,L.M. Broucqsault, F.REY et M.HAEFLIGER ,(BIO CIVAM de l'Aude),2p.
5. **Anonyme, 2016** - AGRICULTURE BIOLOGIQUE .(pdf) 2p.
6. **Anonyme, 2017** - Catégorie : [Boutique Bio en Ligne](#) Mis à jour : dimanche 8 octobre 2017 12:26 Écrit par bio-enligne.com

AONYME,SD. (<https://fr.climate-data.org>)
7. **BARNETT H.L. et HUNTER B.B., 1998** - Illustated genre of imperfect fungi.4 th Ed.
8. **BELAIR G., 2005-** Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes par la racine. *Phytoprotection* 86: 65-69.
9. **BENTVELSEN C.L.M., 1980-** Réponse des rendements à l'eau. Ed. Dunod. 235p.
10. **BERKALOFF A., 2003-** Réponse moléculaire de la plante à l'infestation. *Bull. Biol. Techn.*, I.N.A., P.G., I.N.R.A.,Octobre 2003, 3 p.
11. **BERNARD C., 2002** - Une fois que les nématodes sont installés, c'est très difficile de s'en débarrasser. *Art. Jeunes agricoles*, oct.2002, n° 576, 1p.

- 13.BIR S., 2012-** *Ecoulements au travers les milieux poreux. Aproche stochastique.* Mém. Mag. en géotechnique et environnement, Université Mouloud Manneri, Tizi ouzou, Algerie, pp.216.
- 14.BLAKE, R. et HARTAGE, K., 1986.** Bulk density. Methods of soils analysis. *Soil science*, 1(2), pp. 363-375.
- 15.BONNEMAISON L., 1961** - *Les ennemis des plantes cultivées et des forêts.* Ed. A.C.T.A., Paris, Vol.1, 190 p.
- 16.BROWN S.M. et SWAIN S.C., 1985** - Increased crop yields following application of *Bacillus penetrans* to field plots infested with *Meloidogyne incognita*. *Rev. Soil Biol. Chemist.*, Vol. 17. pp. 483-486.
- 17.BUYCK B., 1986** - Première contribution à un inventaire des champignons nématophages en Belgique. *Mycologia Belgica*, n°9, pp. 27 – 36.
- 18.CAPORALINO C.D. et MATTZI E.I., 1998** - Lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. *Rev. Horti.*, n° 392, pp. 25-30.
- 19.CASTAGNOGNE P., 1999** - Limites de l'utilisation de la résistance aux nématodes à galles chez la tomate. *Rev. Phytoma*, n° 522, pp. 61- 63.
- 20.CASTAGNOGNE P., 2002-** A species-specific satellite DNA family in the genome of the coffee root-knot nematode *Meloidogyne exigua*: Application to molecular diagnostics of the parasite. Randig Onivaldo, Bongiovanni Michel, Carneiro Regina Maria Dechechi Gomes, Sarah Jean-Louis, *Molecular Plant Pathology*, 3 (6) : pp. 431-437.
- 21.CAYROL J.C, DJIAN-CAPORALINOC., PANCHAUD-MATTEIE. ,1992-** *la lutte biologique contre les Nématodes phytoparasites.* Courrier de la Cellule Environnement de l'INRA n° 17 pp 31-44.
- 22.CAYROL J.C., 1979** - *Utilisation en lutte biologique des relations nématodes champignons.* Ed. A.C.T.A., Paris, pp.115-123.
- 23.CAYROL J.C., 1981-** Nouvel agent nématophage et procédé pour maîtriser la croissance des nématodes du genre *Meloidogyne*. *Brevet EP0006382 B1*.
- 24.CAYROL J.C., 1991-** *Cultures maraîchères : lutte biologique contre les nématodes à galle.* Ech.De Min., INRA.n°58, pp: 3-6.

- 25.CAYROL J.C., DJIAN-CAPORALINO C. et PANCHAUD-MATTEI E., 1992-** *La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites*. Courrier de la Cellule Environnement de l'INRA 17: 31-44.
- 26.CHAUX C.L. et FOURY C.L., 1994-** *Cultures légumières et maraichères. Tome III : légumineuses Potagères, légumes fruit*. Tec et Doc Lavoisier, Paris. 563p.
- 27.CHAUX C.I., FOURY C.I., 1994-** *Production légumière-tome1 Généralités (série Agriculture d'aujourd'hui)*. Ed : Tec et Doc lavoisier, Paris, Londres, New York. 548p.
- 28.CHAWEL 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*. Coll. Trav. Ed. Paris: Université de Strasbourg, 17p.
- 29.CHITWOOD B.G., 1949 -** *Root-Knot nématodes, part I. A version of the genus Meloidogyne Gôldi, 1887. Proceedings of the Helminthological Ed. Society of Washington* . n°16, pp: -90-104.
- 30.CHRETIEN J., PEDRO G. et MEUNIER D., 1987-** *Granulométrie, porosité et spectre poral de sols développés sur formations détritiques Cas des terrasses alluviales de la Saône*. XXIII(1), pp. 43-54.
- 31.CORBINEAU F. et CORE A., 2006-** *Dictionnaire de la biologie des semences et des plantules*. Ed .Tec et Doc. Lavoisier. 226p.
- 32.DALMASSO A. et MISSONNIER J., 1986 -** La lutte intégrée contre les nématodes des cultures : Intérêt des variétés résistantes. *Rev. Phytoma*, n°378, pp. 13 - 16.
- 33.DAVIES K.G. et SPIEGEL Y., 2011-** Biological control of plant-parasitic nematodes: towards understanding field variation through molecular mechanisms.
- 34.DELEIJ FAAM, KERRY B.R. et DENNEHY J.A. 1993-** *Verticillium chlamydosporium as a biological control agent for Meloidogyne incognita and M. hapla in pot and micro-plot tests*. *Nematologica* 39: 115-126.
- 35.DUPONT F. et GUIGNARD J.L. , 2012-** *Abrégés de pharmacie . Botanique – Famille des plantes*. Ed. Academic Press Inc, New York, London, 223 p.
- 36.DUVAL J., 1991 -** Les nématodes de la tomate. *Rev. Agro. Biol.* Vol. 1, n° 320, 7 p.
- 37.ERARD P., 2002 -** *La courgette C.t.i.f.l. (Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes* Ed. Buguet comptour, Macon-Ctifl- Paris. p 145.

- 38.FAO STAT, 2014** - Organisation de la nation unie pour l'alimentation et l'agriculture: <http://www.faostat.fao.org/>
- 39.FAO STAT, 2015**- Organisation de la nation unie pour l'alimentation et l'agriculture: <http://www.faostat.fao.org/>
- 40.FAO, 1987** - Organisation de la nation unie pour l'alimentation et l'agriculture : <http://www.faostat.fao.org/>
- 41.FOURY C., 1995** - Lutte contre les parasites et ennemis d'origine tellurique vers une stratégie plus intégrante ? *Rev. Horti.*, n° 356, pp. 21-29.
- 42.FRITSCH J., 2001** - La désinfection des sols par les fumigants. *Rev.Phyto.*, n°542, pp.24-27.
- 43.GALLAIS A. et BANNEROT H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivés objectif et critères de sélection. INRA, Paris. 765p.
- 44.GODOY G., RODRIGUEZ-KÄBANA R. et MORGAN-JONES G.,1983a** -Fungal parasites of *Meloidogyne arenaria* eggs in an Alabama soil. A mycological survey and greenhouse studies. *Nematropica* 13: 201-213.
- 45.JATALA P., KALTENBACH R. et BOCANGEL M., 1979-** Biological control of *Meloidogyne incognita acrita* and *Globodera pallida* on potatoes. *J. Nematol.* 11: 303.
- 46.JATALA, P., 1985-** *Biological control of nematodes.* Anadvanced treatise on *Meloidogyne.*, *Biology and control.* Raleigh, Department of Plant Pathology, North Carolina State University et USAID, 302p.
- 47.KERRY B., 1992** - Commande biologique des nématodes: perspectives et occasion. *Rev. Nematol.*, Vol.30, n° 1, pp. 172.
- 48.KERRY B.R. et DELEU F., 1991-** New nematocidal strain of *Verticillium chlamydosporium* for control of *Meloidogyne* spp., well maintained in soil without damage to plants. *Brevet WO9101642 (A1).*
- 49.KERRY B.R., SIMON A et ROVIRA A.D., 1984-** Observations on the introduction of *Verticillium chlamydosporium* and other parasitic fungi into soil for control of the cereal cyst-nematode *Heterodera avenae*. *Ann. Appl. Biol.* 104: 509-516.
- 50.KIEWNICK S. et SIKORA R.A., 2006-** Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* strain 251. *Biol. Control* 38: 179-187.

- 51.KOLEV N., 1976-** *Les cultures maraichères en Algérie* .Tome I .Légumes fruits .Ed. Ministre de l'Agriculture et des Reformes Agricoles. 52p.
- LAROUCHE ANNE –RENEE., 1993-la matière organique et ses composeurs.Ed.Ecologie .Agriculture projet, pp1-5.
- 52.LATIGUI A., 1984-** *Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée*. Thèse Magister. INA El Harrach.
- 53.LAUMONNIER R., 1979-** *Cultures légumières et maraichère*. Tome III. Ed. Bailliere, Paris. 279p.
- 54.LORRAIN R., 1998** - Sur la biologie des Nématodes. *Rev. Horti.*, n° 392, pp. 14 - 15.
- 55.LUNG G., FRIED A. et SCHMIDT U., 1997** - Biological control of nematodes with the enemy plant *Tagetes sp.* *Rev. Nematol.*, Vol.66, n° 3, p. 200.
- 56.NAIKA S., DE JEUD J.V.L., DE JEFFAU M., HILMI M. et VANDAM B., 2005.** *La culture de tomate, production, transformation et commercialisation*. Ed. Wageningen, PaysBas. 105p.
- 57.NEVEU C., CASTAGONE P. et ABAD P., 2001** - *Recherche de gènes impliqués dans la virulence du nématode parthénogénétique *Meloidogyne incognita**. I.N.R.A.,Antibes, 1 p.
- 58.NORDBRING-HERTZ B. et MATTIASSON B., 1979** - Action of a nematode trapping fungus shows lectin-mediated host–microorganism interaction. *Nature*, n° 281, pp.477 – 479.
- 59.PHILLIP J. 2001** - *Nematophagous fungi*. Guide of fungus. pp. 1-2.
- 60.POLESE J.M. ,2007-** *La culture de la tomate*. Ed Artémis .95p
- 61.PROT J.C., 1975-** Recherches concernant le déplacement des juvéniles de *Meloidogyne* spp. vers les racines. *Cah. ORSTOM, Sér. Biol.* 10: 251-262.
- 62.REDDY P., 1983** - Plant Nematology. Ed. Agri. Publ. Acard.,India, 287p.
- 63.REY Y. et COSTES C., 1965-** *La physiologie de la tomate, étude bibliographique*. INRA.111p.
- 64.RODRIGUEZ-KÄBANA R., MORGAN-JONES G., GODOY G et GINTIS B.O., 1984-** Effectiveness of species of *Gliocladium*, *Paecilomyces*, and *Verticillium* for control of *Meloidogyne arenaria* in field soil. *Nematotropica* 14: 155-170.
- 65.SASSER J.N. et CARTER C.C., 1985-** An Advanced Treatise on *Meloidogyne*. Vol. I: *Biology and Control*. North Carolina State University Graphics, pp. 19-23.

- 66.SCHAEFER et RENNER , 2011-** in European medicines agency, 20112. Assessment report on *Cucurbita pepo* L., semence .44p.
- 67.SELLAM S., LOUNICI M., EDDOUD A. et BENSGHIR H., 1999-**Distribution et plantes hôtes associées aux *Meloidogyne* sous abri plastique en Algérie. *Nematologie Méditerranéenne*, Vol.pp.295-301.
- 68.SHANKARA J., 2005-** Recombinant glutathione –S- transterase a major allergen form alternaria clinical use allergy patients. *Molecular Immonology* .43 (12) : 1927-1932.
- 69.SHERBER C., 1995 -** Champignons carnivores -Vue d'ensemble des espèces. Rev. DasTaublatt, n°33, 2 p.
- 70.SIDDIQUI Z.A. ET MOHAMED I., 1996 -** Biological control of plant parasitic nematodes by fungi. *Rev. Nemat. Abst.*, Vol. 66, n° 3, pp. 165.
- 71.SNOUSSI S A., 2010-** *Étude de base sur la Tomate en Algérie*. Rapport de mission .FAO. Rome. 53p.
- 72.SPICHIGER R.E. , Vincent V., FIGEAT S.M. et JEANMONOD D., 2004-** *Botanique systématique des plantes à fleurs : une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales*. 3eme édition. Lausanne : Presses polytechnique et universitaires romandes, Français, 413p.
- 73.STIRLING G.R., 1991-** *Biological control of plant-parasitic nematodes*. Ed. Wallingford, UK, CAB International. 282 pp.
- 74.ZIRI S., 2011-** *Contribution à la lutte intégrée contre tuta absoluta sur tomate en plein champ*. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de magistre en science agronomique, E.N.S.A.,El-harrach. 92 p.

Annexe

Région :

Domaine :

E.A.C. ou E.A.I. :

Privé :

Nombre de serre :

Nature du sol :

Précédent cultural :

La culture en place :

La variété :

Méthodes culturales utilisées :

Principe de la désinfection des sols :

- Produits utilisés :
- Sur combien d'années :
- Période d'utilisation du produit :
- Matériel utilisé :
 - Pal. injecteur
 - Pal. Inj. tracté
 - Seau

Ancienneté de la serre :

Irrigation utilisée :

La fertilisation :

Autres produits utilisés pour lutter contre d'autres maladies :

III.4. Matériel

Pour effectuer notre étude nous avons utilisé le matériel suivant :

III.4.1. Sur terrain :

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

III.4.2. Au laboratoire

- Sol
- Boites de pétri
- Cristalliseur
- Etiquettes
- Flacons
- Para film
- Eau distillée
- Alcool et coton
- Marqueur
- Hotte
- Agitateur
- Microscope
- Autoclave
- Balance
- Clés de détermination
- Appareil photo



Photos n° 01 :Etat des serres prospectées.

(Tomate cerise le 06 /02/2019 à Boufarik)



Photo n°02 : Prélèvement de sol.



Photo n°03 : Sol collecté.

Fig n° 4 : Protocole expérimental sur terrain (Original, 2019).



Photo n°4 : Agar-agar



Photo n°5 : Glucose



Photo n°6 : Agitateur



Photo n° 7 : Flacons



Photo n°8 : Hotte



Photo n°9 : Autoclave



Photo n°10 : Coulage



Photo n°11 : Ensemencement



Photo n°12 : Etuve

Fig n° 5 : Les différentes étapes du protocole expérimental au laboratoire (original, 2019).



photo n°27 : Photomètre



Photo n°28 : Minéralisateur d'azote



Photo n°29 : pH mètre



Photo n°30 : Conductimètre



Photo n°31: 20g du sol



Photo n°32 : Etuve



Photo.n°33: Pipette de robinson granulométrie



Photo n° 34: Balance

Fig n°22 : Les matériels utilisés pour les analyses de sol.

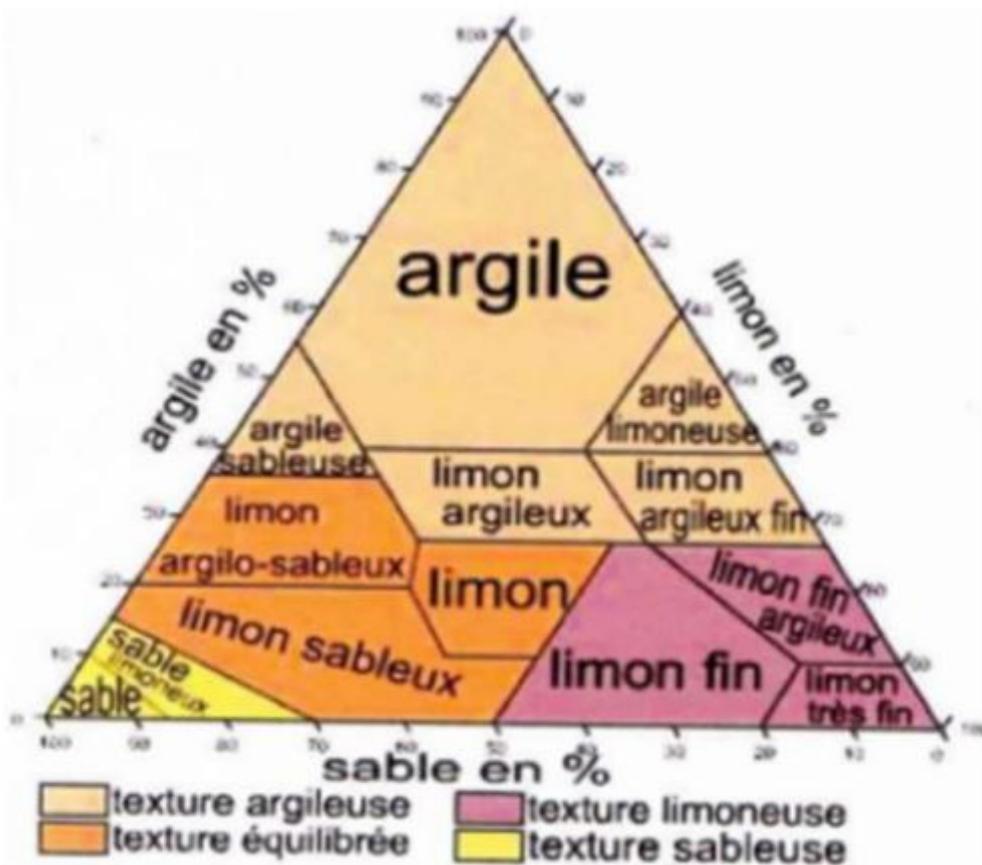


Fig n°23 : Triangle de texture du sol.

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°7 : Texture de sol dans les deux régions (Boufarik et Attatba)

Région	Texture de sol
Boufarik	Limon argileux
Attatba	Limon fin

Tableau n°8: les produits utilisé dans les deux régions (Boufarik et Attatba).

LA Région	Produits	Utilisation
Boufarik	Orvego	Fongicide contre le mildiou
	TRANSACT	Acaricide
	EMACIDE 2.0%	Acaricide contre les araignées
	ALIETTE FLASH	Fongicide stimule des défenses naturel de la plante
	PROPINEB	Fongicide polyvalent
	PREVICUR	Fongicide contre le mildiou
	ORUS (chélate de fer 6%)	Engrais Contre la chlorose ferrique
	N. P .K	Engrais
	TERAZOLE	Fongicide
Attatba	TRAIDIMENOL AZOL	Fongicide
	CHLOROTALONIL	Fongicide
	METIDATHION	Insecticide
	ALPHACYPERMITHRINE	insecticide
	N.P.K	Engrais

Tableau n°9 : analyse de la variance**Analysis of Variance**

Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
CHAMP\$	27 687,264	10	2 768,726	6,680	0,000
CULTURE\$	557,626	1	557,626	1,345	0,257
PROF\$	310,213	1	310,213	0,748	0,395
REGION\$	163,957	1	163,957	0,396	0,535