

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master II

Science de la nature et de la vie

Option : Phytoprotection durable

Thème

L'effet des nématicides sur les champignons
prédateurs et parasites des *Meloidogyne spp.*

Réalisé par : RAHMA Fatma Zohra

Devant le jury composé de :

M ^{me} AMMAD F.	M.C.B	U.S.D.B.1	Présidente.
M ^{me} SABRI K.	M.A.A	U.S.D.B.1	Promotrice.
M ^{me} OUANIGHI H.	M.A.A	U.S.D.B.1	Examinatrice.

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2015/2016

Remerciements

Ma profonde gratitude s'adresse tout d'abord à :

Mme SABRI K. pour avoir accepté de m'encadrer et de diriger ce travail.

Ma reconnaissance va également à Mme AMMAD F. pour avoir accepté la présidence du jury de ce mémoire.

J'adresse mes vifs remerciements à Mme OUANIGHI H. d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Ma profonde gratitude va également à Mme Amina technicienne du laboratoire de zoologie pour sa disponibilité et pour le temps consacré.

Ma profonde gratitude va également à Mr Walid technicien du laboratoire de virologie pour sa disponibilité et pour le temps consacré.

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

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mon cher mari avec toute mon affection pour son aide et son encouragement qu'il m'a donné durant la préparation de ce travail.

À mes chères parents en témoignage de l'amour, du respect et de ma profonde et éternelle gratitude que je leur porte et ma reconnaissance pour leur soutien et leur encouragements qu'ils m'ont prodigués tout au long de ma vie.

À mes chers frères et sœurs pour leurs sacrifices et leurs aides illimitées tout au long de mes études. Que DIEU vous préserve longue vie et prospérité.

Et à tous mes chers amis.

RAHMA Fatma Zohra

Liste des figures

Fig. n°01	juvéniles du 2 ^{ème} stade d'un <i>Meloidogyne</i> vues sous la loupe binoculaire.....	05
Fig. n° 02	femelle de <i>Meloidogyne spp.</i>	06
Fig. n°03	le male de <i>Meloidogyne spp.</i>	06
Fig. n°04	cycle de développement des nématodes à galles.....	08
Fig. n°05	dégâts sur racines de tomate, carottes, concombre, laitue, tomate en serre et melons en plein champs.....	12
Fig. n°06	la fleur de la tomate.....	19
Fig. n°07	situation géographique de la commune de Khemisti. Wilaya de Tipaza.....	31
Fig. n°08	les différentes étapes de la mesure de pH du sol.....	37
Fig. n°09	Les différentes étapes de la préparation du milieu de culture.	39
Fig. n°10	Taux d'humidité des quatre sols étudiés.....	43
Fig. n°11	la mesure du pH des quatre sols étudiés.....	43
Fig. n°12	la mesure de la conductivité électronique des quatre sols étudiés.....	44
Fig. n°13	la mesure des calcaires des quatre sols étudiés.....	44
Fig. n°14	Différents champignons prédateurs et parasites de <i>Meloidogyne sp</i> répertoriées dans la région d'étude.....	53
Fig. n°15	fréquence de champignons nématophages à l'extérieur de la serre de la tomate.....	55
Fig. n°16	fréquence de champignons nématophages à l'intérieur de la serre de la tomate.....	55

Fig. n°17	fréquence de champignons nématophages à l'extérieur de la serre de poivron.....	56
Fig. n°18	fréquence de champignons nématophages à l'intérieur de la serre de poivron.....	56
Fig. n°19	comparaison des fréquences des champignons nématophages présentés à l'intérieur et à l'extérieur de la serre de tomate.....	57
Fig. n°20	comparaison des fréquences des champignons nématophages présentés à l'intérieur et à l'extérieur de la serre de poivron.....	58
Fig. n°21	comparaison des fréquences des champignons nématophages présentés à l'intérieur, à l'extérieur de la serre de poivron et à l'intérieur, à l'extérieur de la serre de tomate.....	59

Liste des tableaux

Tableau n°01	Les principales maladies de la tomate.....	24
---------------------	--	----

Liste des abréviations

°C :	degré Celsius.
CE :	conductivité électronique
CEC :	capacité d'échange cationique.
EAI :	Exploitations Agricoles Individuelle.
Fig. :	figure.
G.L.M :	Modèle Linéaire Global.
GRAB :	Groupe de Recherche en Agriculture Biologique.
H :	humidité.
<i>H. anguillulae</i> :	<i>Harposporium anguillulae</i> .
ha :	hectar.
Hcl :	chlorure d'hydrogène.
INRA :	Institut Nationale de la Recherche Agronomique.
Kg :	kilogramme.
Km :	kilomètre.
L :	larve.
<i>M. arenaria</i> :	<i>Meloidogyne arenaria</i> .
<i>M. hapla</i> :	<i>Meloidogyne hapla</i> .
<i>M. incognita</i> :	<i>Meloidogyne incognita</i> .
<i>M. javanica</i> :	<i>Meloidogyne javanica</i>
pda :	potato dextrose agar.
Pex :	poivron extérieur.
pH :	potentiel hydrogène.
Pin :	poivron intérieur.
Tex :	tomate extérieur.
Tin :	tomate intérieur.
Vers. :	Version.
µs :	microsiemens.

Table des matières

Table des matières

Remerciement

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Résumé

Summary

ملخص

Introduction..... 01

Première partie : Analyse bibliographique

Chapitre I : Généralité sur les nématodes du genre *Meloidogyne*

I.1	Description des nématodes à galles.....	04
I.2	Position systématique des <i>Meloidogyne</i>	04
I.3	Morphologie.....	05
I.4	Biologie et cycle du développement.....	07
I.5	Répartition géographique des <i>Meloidogyne</i>	08
I.6	Les facteurs de développements des <i>Meloidogyne</i>	09
I.6.1	Effet de la température.....	09
I.6.2	Effet du pH	10

Tables des matières

I.6.3	Effet de l'humidité.....	10
I.6.4	Effet de l'aération du sol.....	10
I.6.5	Effet de la nature du sol	10
I.6.6	La plante-hôte.....	11
I.7	Symptômes et dégâts sur cultures.....	11
I.8	Importance économique.....	12
I.9	Méthodes de lutte contre <i>Meloidogyne</i>	13
I.9.1	Les mesures prophylactiques.....	13
I.9.1.1	La gestion des outils de travail du sol.....	13
I.9.1.2	L'environnement des abris.....	13
I.9.1.3	La gestion de l'irrigation.....	14
I.9.2	La lutte chimique.....	14
I.9.3	La lutte physique.....	15
I.9.3.1	La désinfection vapeur.....	15
I.9.3.2	La solarisation.....	15
I.9.4	Lutte microbiologie.....	15
I.9.4.1	Les nématodes phytophages.....	15
I.9.4.2	Les bactéries parasites.....	16
I.9.4.3	Les mycorhizes.....	16
I.9.5	Lutte biologique.....	16

Chapitre II : Description des plantes hôtes (tomate et poivron)

II.1	La tomate.....	18
II.1.1	Généralité sur la tomate.....	18
II.1.2	Classification botanique de la tomate.....	19
II.1.3	Classification génétique.....	20
II.1.3.1	Variétés fixées	20
II.1.3.2	Variétés hybrides.....	20
II.1.4	Ecologie de tomate.....	20
II.1.4.1	La température et la lumière.....	20
II.1.4.2	L'eau et l'humidité.....	21
II.1.4.3	Le sol.....	21

Tables des matières

II.1.4.4	Le pH.....	21
II.1.4.5	La matière organique.....	22
II.1.5	Cultures de la tomate.....	22
II.1.5.1	La culture de pleins champs.....	22
II.1.5.2	La culture sous abris.....	22
II.1.6	Les principales maladies de la tomate.....	23
II.1.7	La résistance variétale.....	25
II.2	Le poivron.....	26
II.2.1	Généralité sur le poivron.....	26
II.2.2	Classification.....	26
II.2.3	Ecologie du poivron.....	27
II.2.3.1	Lumière.....	27
II.2.3.2	Température.....	27
II.2.3.3	Type de sol.....	27
II.2.3.4	Irrigation.....	27
II.2.4	Principaux ennemis.....	28

Deuxième partie : Expérimentation

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1	Objectif du travail.....	30
III.2	Présentation de la région d'étude	30
III.2.1	Localisation géographique de la région d'étude.....	30
III.3.1	Description de la région de Khemisti.....	30
III.3	Méthode.....	31
III.3.1	Les caractéristiques des sols.....	32
III.3.1.1	Les analyses physico-chimiques du sol.....	32
a.	analyse du pH-eau.....	32
a.1.	Mode opératoire.....	32
a.1.1	Matériels utilisés.....	32
a.1.2.	Méthode du travail.....	33
b.	La conductivité électronique.....	33
b.1.	Mode opératoire.....	33

Tables des matières

b.1.1.	Matériels utilisés.....	33
b.1.2.	Méthode du travail.....	34
c.	L'humidité.....	34
c.1.	Mode opératoire.....	34
c. 1.1	Matériels utilisés.....	34
c. 1.2	Méthode de travail.....	34
d.	Le calcaire total	35
d.1.	Mode opératoire.....	35
d. 1.1	Matériels utilisés.....	35
d. 1.2.	Méthode du travail.....	35
III.4	Préparation du milieu de culture PDA.....	38
III.5	Isolement des différentes espèces de champignons à partir du sol.....	38
III.6	Conditions d'incubation.....	38
III.7	Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites.....	40
III.8	Analyse statistique.....	40

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.	Résultats.....	41
IV. 1.	Importance du questionnaire.....	41
IV. 2.	Caractérisation des sols étudiés.....	41
IV. 2.1	Analyse physique.....	41
•	L'humidité.....	41
IV. 2.2	Analyses physico-chimique.....	41
•	Le pH eau.....	41
•	La conductivité électronique	42
•	Le calcaire total.....	42
IV.3.	Evaluation quantitative et qualitative de la mycoflore (champignons prédateurs et parasites) utilisée en lutte biologique contre les <i>Meloidogyne</i>	45
IV.3.1.	Espèces des champignons nématophages prédateurs et parasites des nématodes répertoriées.....	45

Tables des matières

IV. 4.	Classification des champignons nématophages.....	46
IV. 5.	Etude de la fréquence des champignons nématophages.....	54
IV. 5.1	A l'extérieur de la serre de tomate.....	54
IV. 5.2	A l'intérieur de la serre de tomate.....	54
IV. 5.3.	A l'extérieur de la serre de poivron.....	54
IV. 5.4.	A l'intérieur de la serre de poivron.....	54
IV.6	Discussion.....	60
	Conclusion générale.....	62
	Références bibliographiques	

Résumé

Résumé

L'effet des nématicides sur les champignons prédateurs et parasites des *Meloidogyne spp.*

Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* sont des parasites obligatoires du sol extrêmement polyphages. Ils sont considérés comme l'un des pathogènes les plus dévastateurs au monde.

Ce travail traite de l'effet des nématicides sur les champignons prédateurs et parasites des nématodes du genre *Meloidogyne*.

L'étude a été réalisée sur cultures maraîchères (tomate et poivron) dans la commune de khemisti wilaya de Tipaza, dotée d'un sol à pH faiblement acide à neutre.

Dans ce travail, nous avons fait des analyses physico-chimiques des sols étudiés (l'humidité, pH-eau, la conductivité électronique et le calcaire total).

Nous avons répertorié 10 espèces de champignons nématophages (parasites et prédateurs) : ***Arthrobotrys musiformis*, *Arthrobotrys oligospora*, *Arthrobotrys dactyloïdes*, *Rhopalomyces elegans*, *Stylopage cephalote*, *Torula herbarum*, *Dactylella ellipsospora*, *Botrytis cinerea*, *Verticillium lateritium* et *Harposporium anguillulae*.**

Mots clé : *Meloidogyne sp*, champignons nématophages, *Arthrobotrys*, culture maraîchère, analyses physiques et chimiques du sol.

Summary

The effect of nematicides on predatory fungi and parasitic of *Meloidogyne spp.*

Root-knot nematodes *Meloidogyne* genus are obligate parasites extremely polyphagous soil. They are considered one of the most devastating disease in the world.

This work deals with the effect of nematodes on predatory fungi and parasites nematodes of the genus *Meloidogyne*.

The study was conducted on vegetable growing (tomatoes and peppers) on Khemisti region, with a ground weakly acidic to neutral pH.

In this work, we have made physico-chemical analyzes of soil studied. Moisture, water-pH, electronic conductivity and total limestone.

We identified 10 species of fungi nematophagous (parasites and predators) *Arthrobotrys musiformis*, *Arthrobotrys oligospora*, *Arthrobotrys dactyloides*, *Rhopalomyces elegans*, *Stylopage cephalote*, *Torula herbarum*, *Dactylella ellipsospora*, *Botrytis cinerea*, *Verticillium lateritium* and *Harposporium anguillulae*.

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

المخلص

تأثير مبيدات الديدان الخيطية على الفطريات المفترسة و الطفيلية للديدان الخيطية من نوع

Meloidogyne spp.

الديدان الخيطية الجذرية هي عبارة عن عقد في الجذور من جنس *Meloidogyne* كما أنها تعتبر طفيليات تلزم التربة و هي واحدة من الأمراض الأكثر تدميرا في العالم.

يتناول هذا العمل تأثير مبيدات الديدان الخيطية على الفطريات الطفيلية و المفترسة للديدان الخيطية من جنس نيماتودا *Meloidogyne*. تعقد الجذور.

وقد أجريت الدراسة على زراعة الخضر (الطماطم والفلفل) في المنطقة خميسيتي، مع أرضية ذات حموضة ضعيفة حتى محايدة.

في هذا العمل قمنا بالتحليل الفيزيائية و الكيميائية للأتربة المدروسة (الرطوبة، درجة الحموضة- الماء، الموصلية الكهربائية و الحجر الجيري الكلي).

حددنا 10 نوعا من الفطريات الطفيلية و المفترسة للديدان الخيطية:

Arthrobotrys musiformis, Arthrobotrys oligospora, Arthrobotrys dactyloides, Rhopalomyces elegans, Stylopage cephalote, Torula herbarum, Dactylella ellipsospora, Botrytis cinerea, Verticillium lateritium et Harposporium anguillulae.

كلمات البحث: نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne*، الفطريات الطفيلية و المفترسة للديدان الخيطية، *Arthrobotrys* والتحليل الكيميائية و الفيزيائية للتربة.

Introduction

Introduction

Les cultures maraichères occupent la deuxième place après les céréales dans la consommation quotidienne des algériens (El Kebiri, 1993).

En 2001, la production mondiale de tomates était d'environ 105 millions de tonnes de fruits frais sur une superficie évaluée à 3,9 millions d'hectares. Comme c'est une culture à cycle assez court qui donne un haut rendement, elle a de bonnes perspectives économiques et la superficie cultivée s'agrandit de jour en jour (Shankara et *al.*, 2005).

La production de tomate n'a cessé de progresser régulièrement ces dernières décennies dans le monde, elle est passée de 48 millions de tonnes en 1978 à 124 millions en 2006 (Blancard et *al.*, 2009).

Dans la région méditerranéenne, le poivron constitue une des principales cultures sous serre et vient directement après la tomate dans de nombreux pays.

Dans la partie méridionale de l'Europe, environ 7.000 ha produisent 260.000 tonnes, et c'est en Italie et en Espagne que le poivron (doux) est le plus répandu.

En Afrique du Nord, on trouve 200 ha de poivron doux au Maroc ; la production est essentiellement destinée à l'exportation (Brader, 1988).

Les cultures maraichères en plein champ ou sous abri sont la cible d'un cortège de parasites du sol, parmi lesquels les nématodes du genre *Meloidogyne*, qui induisent des symptômes caractéristiques (les galles) sur les racines attaquées. Du fait de leur gamme d'hôtes très étendue, ces bioagresseurs ont une incidence économique non négligeable, tout particulièrement dans les zones méditerranéennes de production où les conditions optimales de leur développement sont réunies : températures élevées et rotations traditionnelles faisant intervenir des espèces sensibles (Solanées et/ou Cucurbitacées en cultures d'été, salades en cultures d'hiver) (Castagnone-Sereno, 2011).

Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* causent des dégâts importants aux culturales maraichères, ils pullulent dans les racines, leur présence pose énormément de problèmes aux agriculteurs (Harranger, 1971). Les principales espèces de *Meloidogyne* sont *M.arenaria*, *M.javanica*, *M.incognita* et *M.hapla* (karssen, 2002)

En Algérie, le genre *Meloidogyne* a été signalé pour la première fois en 1928 sur les cultures maraichère de plein champs et sous serre (Lamberti et al., 1975). Les *Meloidogyne* constituent une menace sérieuse pour toutes cultures maraichères sous abris-serres aussi bien dans les zones littorales que dans les zones sahariennes (Sellami et al., 1999).

Historiquement, la lutte contre ces parasites a été longtemps presque exclusivement basée sur l'emploi de nématicides chimiques, à l'aide de spécialités peu spécifiques qui conduisaient à une désinfection des couches superficielles du sol. Cependant, on assiste aujourd'hui à une réduction drastique de l'usage des pesticides suite à l'interdiction progressive de la plupart des matières actives, en raison de contraintes réglementaires et environnementales. (Castagnone-Sereno, 2011). Face à cette situation, des alternatives doivent être employées pour lutter contre ces nématodes ; les recherches se sont orientées vers des stratégies non polluantes, parmi lesquelles la lutte biologique, cette méthode consistant en l'utilisation d'un organisme vivant ou l'un de ses dérivés comme produits de bio contrôle (Adam, 2008).

Le premier article publié sur un champignon prédateur remonte à 1937-1939, après les années 40, une grande évolution dans le domaine phytosanitaire été réalisée par l'emploi des champignons nématophages prédateurs et parasites dans le cadre de lutte contre les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* ou à kystes du genre *Heterodera*.

En Algérie Hammache, 1994 a réalisé un inventaire des espèces de champignons parasites et prédateurs et des résultats préliminaires sur la lutte biologique.

Ainsi notre étude vient de s'ajouter aux autres études menées dans la région de TIPAZA (Khemisti) sur le problème des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* et aura comme objectif :

- Essayer de faire une prospection des différentes EAI (exploitations agricoles individuelle) visités afin de faire un constat. Cela en choisissant un questionnaire approprié, qui nous permettra d'avoir des informations sur le domaine visité, le nombre de serres, le type de sol, les cultures précédentes sur place et les produits chimiques appliqués.
- Faires des analyses des sols étudiés.
- Inventorier les champignons prédateurs et parasites des nématodes à galles (*Meloidogyne sp*), présents dans le sol.

Première partie :
Analyse bibliographique

Chapitre I : Généralité sur les nématodes du genre *Meloidogyne* :

I.1 Description des nématodes à galles :

Les nématodes à galles sont des organismes microscopiques (invisible à l'œil nu), et ils se reconnaissent aux types de dégâts qu'ils causent aux plantes. (James et *al.*, 2010)

Ils sont également des endoparasites sédentaires : la larve fraîchement éclosée pénètre entièrement dans la racine et y accomplit l'ensemble de son cycle. (Djian-Caporalino, 2009)

Le genre *Meloidogyne* se subdivise en de nombreuses espèces, toutes phytophages, dont les plus répandues sont: *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. hapla* et *M. javanica* (Bertrand et *al.*, 2001)

I.2 Position systématique des *Meloidogyne* :

La systématique des *Meloidogyne* que nous avons adoptée est celle décrite par Reddy (1983) :

Embranchement : Nematelmintha

Classe : Nematoda

Sous classe : Secernentea

Ordre : Tylenchida

Sous ordre : Tylenchina

Super famille : Tylenchoidea

Famille : Meloidogynidae

Sous famille : Myloidogyninae

Genre : *Meloidogyne*

I.3 Morphologie :

Les *Meloidogyne* sont morphologiquement très simples (figure n°01). Ils sont filiformes et mesurent respectivement ~ 0.4 mm pour les femelles (figure n°02) et 1mm pour les mâles (figure n°03). Les nématodes phytophages se caractérisent par un stylet piqueur qui permet de perforer les cellules des vaisseaux conducteurs de sève. (Bertrand et *al.*, 2001)

L'œsophage est traversé par un canal relié en avant au stylet et débouchant en arrière dans l'intestin. Il comprend d'avant en arrière : un bulbe médian musclicularisé et muni d'une valve, et une partie basale glandulaire. Cette dernière renferme trois glandes : une glande dorsale débouchant en arrière du stylet et deux glandes subventrales débouchant derrière la valve du bulbe médian. Aux deux tiers de la longueur se trouve un primordium génital composé de deux cellules.(De Guiran et *al.*, 1970)



Fig n°1 : juvéniles du 2^{ème} stade d'un *Meloidogyne* vues sous la loupe binoculaire (taille=0.2mm). (Djian-Caporalino C.,2009)



Fig. n°02 : femelle de *Meloidogyne spp* (De waele, 1998)

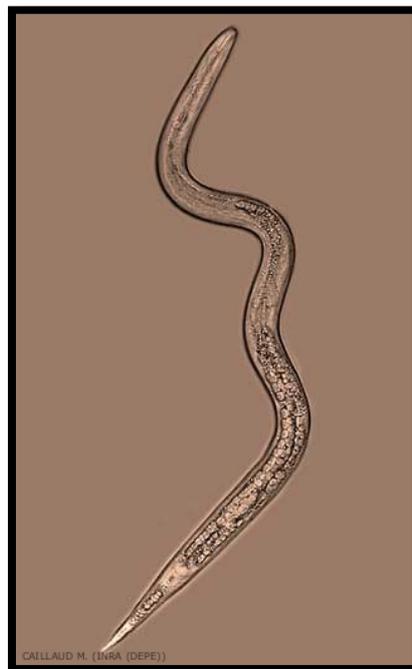


Fig n°03: le male de *Meloidogyne* (Djian-Caporalino et al.,2009)

I.4 Biologie et cycle du développement :

Les nématodes à galles sont des endoparasites sédentaires dont le cycle de vie se déroule en 2 phases : une phase d'invasion racinaire au stade larvaire et une phase d'élaboration d'un site nourricier au niveau du cylindre central de la racine (où est véhiculée la sève) permettant l'établissement du parasite. Ce site nourricier induit par les sécrétions salivaires du nématode est constitué de 5 à 6 cellules hypertrophiées (cellules géantes) qui lui permet d'accomplir son cycle sans avoir à se déplacer (le nématode n'aura en effet qu'à ponctionner avec son stylet buccal dans ces cellules géantes pour se nourrir) (figure n°04) .(Djian-Caporalino et *al.*, 2009).

En 3 à 8 semaines (selon la température), les larves deviennent des femelles obèses (petites poires blanchâtres de diamètre inférieur à 1 mm) qui pondent à l'extérieur de la racine de 300 à 3000 œufs protégés dans une gangue mucilagineuse. Plusieurs cycles peuvent se succéder en une année et l'infestation peut alors atteindre 100 à 200000 larves par kg de sol, s'étalant sur des profondeurs pouvant être supérieures à 30 cm (DeGuiran, 1983).

Tous les œufs n'éclosent pas en même temps et peuvent résister au froid et à la sécheresse pendant plusieurs années (jusqu'à 5-6 ans). Néanmoins lorsque les températures sont basses, l'infestation se développe lentement. C'est le cas en culture « hivernale » de salade sous abri. (Djian-Caporalino et *al.*, 2009)

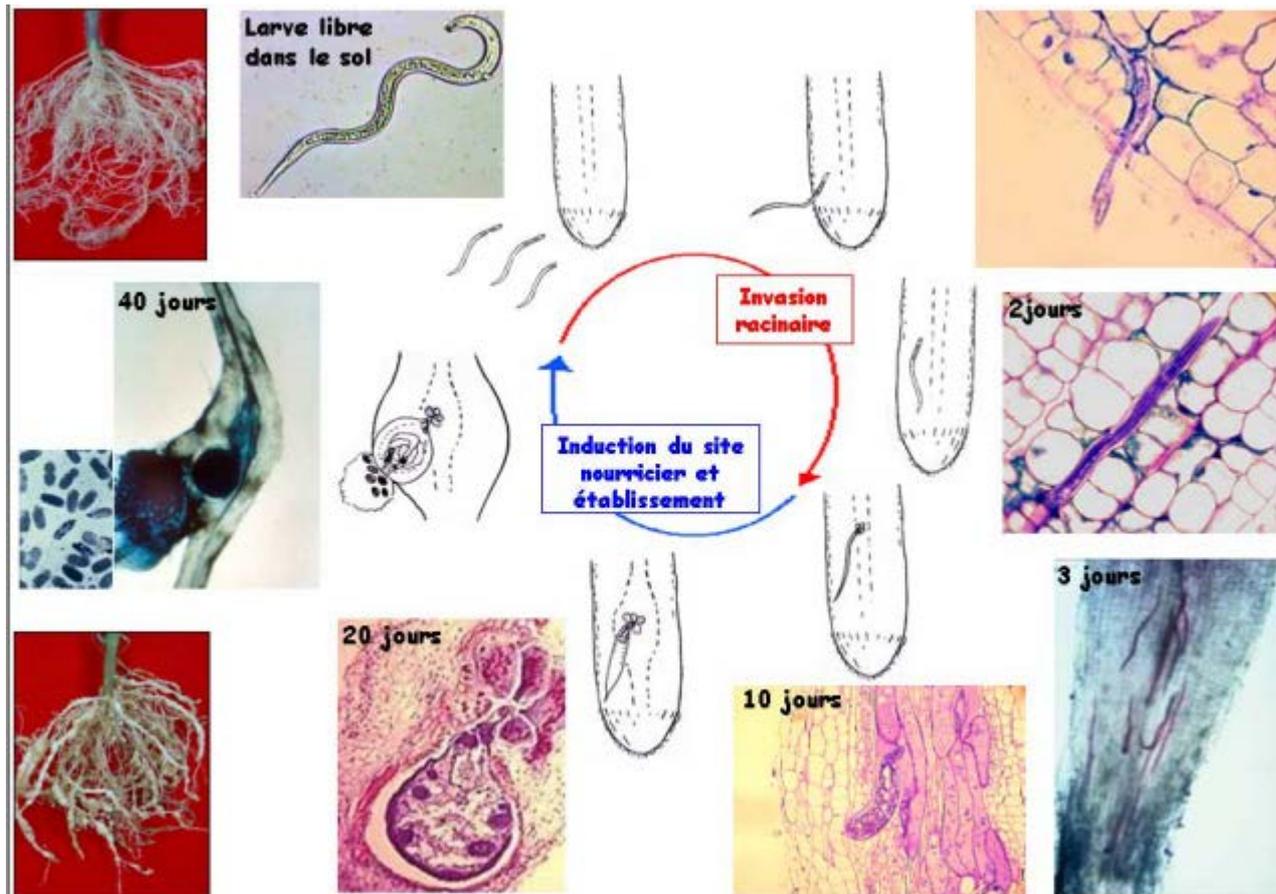


Fig. n°4 : cycle de développement des nématodes à galles (INRA , 2009)

1.5 Répartition géographique des *Meloidogyne* :

Des 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 attribuables.

M. arenaria a été trouvé dans le sud des Etats-Unis, l'Australie, l'Afrique de l'Ouest (Nigeria, Ghana, Côte d'ivoire, Sénégal). Environ 150 espèces végétales appartenant à des familles diverses sont attaquées par ce nématode. Citons ici l'arachide, de nombreuses plantes maraîchères et le tabac.

M. incognita et *M. javanica* ont été rencontrés partout dans les pays chauds et même dans les serres des régions tempérées. Les deux espèces ont un éventail de plantes hôtes important (*M. incognita*: environ 280 plantes-hôtes ; *M. javanica* : 400) et beaucoup de cultures importantes, comme le tabac, les cultures maraîchères, des

plantes à fibres (Malvacées) sont attaquées. Certaines souches de *M. incognita* constituent un fléau pour la culture du cotonnier aux Etats-Unis.

M. hapla est une espèce très polyphage qui est rencontrée dans les zones tempérées. Sur le continent africain, cette espèce n'a été trouvée qu'en Afrique du Sud et en Afrique de l'Est à des altitudes au-dessus de 2 000 mètres (Whitehead, 1968).

La cinquième espèce citée par Chitwood, 1949, qui est en fait l'espèce-type du genre, *M. exigua*. Goeldi, 1887, est confinée à l'Amérique du Sud et du Centre où elle parasite essentiellement le caféier d'Arabie. Elle a été accidentellement signalée sur théier, poivron et melon d'eau.

En Algérie, une étude a été menée dans les principales régions pratiquant la plasticulture durant la période 1990-1995. Au total, huit wilayas (départements) ont été prospectées, trois sont situées au sud du pays (Adrar, Biskra, Ouargla) et cinq dans les zones littorales (Alger, Boumerdes, Tipaza, Béjaia et Jijel). (Selami et al., 1999).

I.6 Les facteurs de développements des *Meloidogyne* :

Le développement des *Meloidogyne* dans le sol peut être influencé par plusieurs facteurs, parmi ces facteurs on peut citer :

I.6.1 Effet de la température :

La température est un facteur très important pour la longévité des œufs, des larves, l'infestation des racines et aussi leurs développements. Selon Heddar (1992), l'optimum de croissance et de reproduction est à des températures entre 25 et 30°C. Les espèces de *Meloidogyne* sont inactives à des températures allant de 5 à 15 °C et de 30 à 40 °C. Si les températures dépassent ces extrêmes, Elles deviennent létales (Reddy, 1983).

Ritter (1973) rapporte que l'optimum d'éclosion chez *Meloidogyne javanica* est de 30°C, il est de 25 °C pour la mobilité et de 15 à 25 °C pour l'invasion.

I.6.2 Effet du pH :

L'infestation des *Meloidogyne* est moins sévère en sol acide qu'en sol neutre ou alcalin (Reddy, 1983).

Selon Wallace (1966), le pH optimal est compris entre 4,0 et 8,0. En effet, le pH à 04,1 agit faiblement sur la fécondité des œufs et agit sévèrement lorsqu'il est entre 6,0 et 7,0 (Volcy, 1993).

I.6.3 Effet de l'humidité :

Les *Meloidogyne* sont très actif dans les sols ayant un taux d'humidité compris entre 40 et 60 %. Selon Bonne maison (1961), les larves de *Meloidogyne* peuvent survivre plusieurs mois dans des sols humides. A contrario, dans les sols secs elles vivent seulement quelques semaines.

I.6.4 Effet de l'aération du sol :

Selon Marniche (1996) les larves de *Meloidogyne* conservent leur pouvoir infectieux pendant 4 jours en absence d'oxygène (en vie ralentie). Un taux faible en CO₂ accélère le développement des nématodes à galles. Et dans le cas contraire, un arrêt de développement est observé.

I.6.5 Effet de la nature du sol :

La nature du sol influe sur les déplacements et les mouvements des *Meloidogyne*. Ce parasite se trouve en abondance dans les sols sableux et légers que dans les sols lourds et argileux (Scotto Lamassas, 1986).

Smaha (1991) signale que le taux d'infestation des sols sablo-limoneux est plus important (de l'ordre de 100 %) par rapport à celui des limono-argileux (de l'ordre de 63.40 % dans l'algérois).

Selon Yezli (1995) la texture argileuse inhibe le développement de *Meloidogyne incognita*.

I.6.6 La plante - hôte :

La pénétration et le développement des *Meloidogyne* sont plus rapides dans un jeune plant que dans un plant âgé (Ritter et *al.*, 1958). L'état physiologique de la plante peut avoir une influence sur la durée du cycle de développement des *Meloidogyne*.

Les exsudats racinaires jouent un rôle très important dans la stimulation des attaques des *Meloidogyne* et Lounici (1991) constate une éclosion optimale des œufs qui se produit toujours dans l'eau avec exsudat racinaire de la tomate sensible par rapport aux exsudats racinaires de tomate résistante. Cependant, *Meloidogyne incognita* présente un taux d'éclosion plus important par rapport à *Meloidogyne javanica* ; il est respectivement de 90.57% et 87.83 % dans les exsudats racinaires.

I.7 Symptômes et dégâts sur cultures :

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 : dépérissement des parties aériennes (chloroses, flétrissement), croissance réduite, petits fruits de mauvaise qualité ... (figure n°05) (Bertrand et *al.*, 2001)

On estime les dégâts par des indices de galles compris entre 0 et 10 en fonction des attaques.

Ces dégâts sont d'autant plus importants que la population est plus élevée au moment où l'on installe la culture. Si la population de départ est faible, la plante ne subit généralement pas de dégâts la première année. Cependant, le parasite se multiplie à un point tel que la culture peut subir de graves dégâts dès la 2^{ème} année, plus ou moins vite selon les conditions de sol, de climat et la sensibilité de la culture. Le « seuil de nuisibilité » ou « limite de tolérance » de la plante est d'environ 100 à 1000 individus par kg de sol ou 10 à 100 par g de racine (DeGuiran, 1983). On assiste alors à une forte diminution de la partie aérienne, due à la réduction des racines, qui se présente souvent par taches dans un champ et la récolte peut parfois être réduite à néant (Djian-Caporalino et *al.*, 2009)



Fig. n°05 : dégâts sur racines de tomate, carottes, concombre, laitue, tomate en serre et melons en plein champs. (INRA, 2009)

I.8 Importance économique :

Les dégâts dus aux *Meloidogyne* sont difficilement chiffrables en raison des nombreuses interactions les liant à d'autres pathogènes fongiques ou bactériens (*Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Fusarium*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, etc) favorisés par les lésions induites par l'entrée des nématodes. En outre, ils dépendent pour beaucoup du système de culture utilisé. Au niveau mondial, on estime les pertes à 100 milliards de dollars par an (Sasser et *al.*, 1987).

En Europe, ils sont responsables de dégâts atteignant 10% de la production céréalière et entraînent des diminutions de récoltes de 20 à 30% dans les vergers d'agrumes méditerranéens (Feldmesser, 1971).

En Algérie, Mokabli en 1988 a signalé que sur 976 serres 65% sont infestées dans différentes régions du pays, les pertes de récoltes moyennes dues aux nématodes sont évaluées à 12.3%.

En cultures maraîchères, le problème est déjà très important dans certaines exploitations menées. En agriculture biologique, du fait des restrictions d'emploi des nématicides chimiques, le problème se révèle de plus en plus préoccupant même dans les exploitations menées en conventionnel et peut devenir dramatique dans les années à venir.

I.9 Méthodes de lutte contre *Meloidogyne* :

I.9.1 Les mesures prophylactiques :

Toutes mesures prophylactiques sont un préalable indispensable pour limiter les infestations. (Djian-Caporalino et *al.*, 2009)

I.9.1.1 La gestion des outils de travail du sol :

Les foyers d'infestation de nématodes à galles, souvent proches des entrées des tunnels et le long des lignes de travail du sol, traduisent une dissémination par le matériel et les personnes. Ainsi, le nettoyage des outils, roues du tracteur, chaussures des personnes, etc, lors du passage d'une parcelle contaminée à une parcelle saine est une des clés de la lutte contre les nématodes. Un rinçage soigneux à l'eau si possible additionnée d'un peu d'alcool ou de javel est suffisant. (Djian-Caporalino et *al.*, 2009)

I.9.1.2 L'environnement des abris :

La polyphagie des nématodes conduit de nombreux adventices à y être sensibles. Certaines mauvaises herbes (amarante, morelle, chénopodes, rumex...) permettent donc aux populations de nématodes de se maintenir. Il est donc très important de les éliminer de la parcelle mais également aux abords des tunnels. (Djian-Caporalino et *al.*, 2009)

I.9.1.3 La gestion de l'irrigation :

La maîtrise de l'irrigation est un élément important du contrôle des nématodes : il s'agit d'éviter les excès d'eau, voie favorable à leur dissémination. Les arrosages à la raie par exemple sont à proscrire. (Djian-Caporalino et *al.*, 2009)

I.9.2 la lutte chimique :

La lutte chimique demeure la méthode la plus utilisée et la plus efficace (Netscher et Mauboussin, 1973; Prot, 1986). Il existe deux grands groupes de composés chimiques utilisés comme nématicides (Johnson, 1985) : les fumigants et les non fumigants généralement représentés par des produits systémiques.

*les fumigants: le DO (mélange de dichloropropane et de dichloropropène), le méthamsodiumou vapam, le bromure de méthyle, le dibromure d'éthylène (EDB), le dibromo-chloropropène (DBCP). Ils sont très efficaces surtout pour les traitements en pépinière.

Le bromure de méthyle a la particularité d'être un biocide total.

- les non fumigants : développés plus récemment, ils sont introduits dans le sol par incorporation ou par mixtion dans l'eau. Ces produits sont moins toxiques pour la plante (Johnson, 1985). Ils appartiennent au groupe des carbamates (aldicarbe, oxamyl) ou à celui des organophosphorés (phénomiphos, éthoprophos). Ces produits sont directement absorbés par la plante dont le nématode ne peut plus se nourrir (Prot, 1984). Ils sont malheureusement toxiques pour l'homme et ne peuvent être directement appliqués sur les cultures alimentaires. Comme l'ont montré Rodriguez-Kàbana et *al.* (1987) sur des plants d'arachide infestés par *M. arenaria*, l'association de produits paraît plus efficace. Mais toutes ces méthodes chimiques sont trop coûteuses pour les pays en voie de développement (Netscher, 1970; Prot, 1984). De plus, leur utilisation a été remise en cause dans certains pays depuis qu'il a été montré que le DBCP est cancérigène et provoque une malformation des spermatozoïdes des hommes qui sont couramment en contact avec le produit. Il a été alors suspendu en Californie en 1977 (Stirling, 1991). Les nématicides sont aussi source de pollution des eaux souterraines. C'est le cas, entre autres, du DBCP, du DD, de l'EDB, de l'aldicarbe et du carbofuran (Jones et Back, 1983; Wixted et *al.*, 1987).

I.9.3 La lutte physique :

I.9.3.1 La désinfection vapeur :

Réalisée sous bâche ou à l'aide de coffres, elle consiste à stériliser les sols par injection de vapeur d'eau sous pression. Les durées de désinfection préconisées vont de 3 à 8 heures. Son coût freine son adoption. Comme la lutte chimique, elle ne désinfecte pas en profondeur. Il faut donc la réaliser peu après la récolte (les nématodes sont encore dans les horizons superficiels du sol), puis éviter un travail du sol trop profond qui ferait remonter en surface du sol non désinfecté. Il faut également désinfecter le sol après chaque culture de printemps. Son efficacité dépend du type de sol : elle est meilleure dans les sols à texture grossière, plus favorables à la diffusion de la vapeur. (Djian-Caporalino et *al.*, 2009)

I.9.3.2 La solarisation :

Valorisant l'énergie solaire grâce à un film plastique permettant d'augmenter l'impact du rayonnement sur le sol et générer de la chaleur par effet de serre, elle est moins coûteuse que la désinfection vapeur.

L'efficacité de cette lutte est également très variable selon le type de sol et sa préparation : il faut une structure fine comme pour un semis et arrosage intensif avant la pose du film plastique pour que l'eau diffuse la chaleur en profondeur. (Djian-Caporalino et *al.*, 2009)

I.9.4 Lutte microbiologie :

I.9.4.1 Les champignons nématophages :

Les nématodes sont naturellement attaqués par beaucoup de micro-organismes du sol. Des essais de lutte biologique au moyen du champignon nématophage prédateur *Arthrobotrys irregularis* (brevet INRA), capable de prendre au piège des nématodes et de s'en nourrir, avaient permis sa commercialisation dans les années 80 par des sociétés productrices de champignons de couche. Des exigences de conservation (chaîne du froid) et des conditions particulières pour son implantation dans le sol (pH, salinité, quantité de matière organique, nombre et pouvoir compétitif des

antagonistes) n'ont pas permis le développement et la réussite escomptée. De nouvelles souches plus performantes ont permis une technique de production moins onéreuse, et une méthode de conservation sans chaîne de froid (formulation sèche sous forme de granulés). Elles font aujourd'hui l'objet de recherches par une société suisse (Casale chemical SA 5). De même, un champignon parasite des œufs de *Meloidogyne*, *Paecilomyces lilacinus* a été largement étudié. Il n'est cependant utilisé qu'aux Philippines, en Afrique du Sud et en Angleterre et n'est actif qu'en sols acides. Un autre champignon *Verticillium chlamydosporium*, parasite des œufs de *Meloidogyne*, est étudié mais est encore loin d'être commercialisé en France. Il montre une bonne efficacité en conditions tropicales mais moins bonne dans les conditions du sud de l'Europe. (Djian-Caporalino et al., 2009)

I.9.4.2 Les bactéries parasites :

Les spores de la bactérie mycélienne *Pasteuria penetrans* sont capables de parasiter les *Meloidogyne* et bloquer leur multiplication. Cependant leur trop grande spécificité et des problèmes de production en masse limite fortement leur utilisation. (Djian-Caporalino et al., 2009)

I.9.4.3 Les mycorhizes :

Ce sont des champignons qui vivent en association symbiotique avec les racines. Ils permettent une meilleure nutrition de la plante, stimulent l'enracinement des boutures et la croissance des racines lors de la transplantation, diminuent la sensibilité des plantes aux agents pathogènes et seraient des antagonistes intraracinaires des nématodes mais l'efficacité de cette méthode n'est pas réellement prouvée. (Djian-Caporalino et al., 2009)

I.9.5 Lutte biologique :

A l'heure actuelle, plus de deux cents espèces de plantes, appartenant à 80 familles différentes, sont étudiées pour leurs propriétés nématicides. C'est sur l'activité nématicide de certains végétaux que s'appuient les pratiques empiriques utilisées en Afrique, en Amérique du sud et en Asie pour protéger les cultures contre les nématodes. (Bertrand et al., 2001).

Le Tagète (ou œillet d'Inde) a déjà été très étudié et une méthode de lutte l'utilisant comme précédent cultural a été proposée. Il est commercialisé sous le nom commercial de Nemanon. Pour lutter contre les nématodes à galles, l'espèce la plus efficace est le *Tagetes minuta* (Bertrand et al., 2001). Les agriculteurs des pays d'Amérique du sud et d'Asie utilisent la crotalaire traditionnellement dans leurs assolements pour abaisser les populations de parasites avec, semble-t-il, un certain succès. La Crotalaire apprécie les sols léger et frais associés à un climat ensoleillé et chaud. (Bertrand et al., 2001). Les essais menés par le GRAB entre 1998 et 2000 ont montré que l'apport printanier sur plusieurs années de tourteaux végétaux de neem et de ricin pouvait avoir une action cumulative intéressante. Les résultats étaient cependant aléatoires selon les années et les sites, et peu intéressants lorsque les infestations étaient très fortes. Des études montrent également que les apports de matière organique compostée (végétale ou animale) améliorent le sol, augmentent la tolérance des plantes aux nématodes et ont une action bénéfique sur les prédateurs ou parasites de nématodes présents naturellement dans le sol. Les substances volatiles produites par lors de leur décomposition (biofumigation) auraient un effet sur les nématodes à galles. Cependant, les résultats sont variables selon les types de sol et la température qui jouent sur la dégradation de la matière organique. (Djian-Caporalino et al., 2009).

Chapitre II : Description des plantes hôtes (tomate et poivron)

II.1 La tomate :

II.1.1 Généralité sur la tomate :

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) est devenue un des légumes les plus importants du monde. La tomate appartient à la famille des Solanaceae. Cette famille regroupe d'autres espèces qui sont également bien connues, telles que la pomme de terre, le tabac, le poivron et l'aubergine.

La tomate est originaire des Andes d'Amérique du Sud. Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe en 1544. De là, sa culture s'est propagée en Asie du Sud et de l'Est, en Afrique et en moyen Orient. Plus récemment, la tomate sauvage a été introduite dans d'autres régions de l'Amérique du Sud et au Mexique. (Shankara et al., 2005)

La tomate est une plante annuelle, herbacée, poilue, aux feuilles odorantes, dont le port est arbustif, buissonnant ou retombant suivant les variétés. Elle peut mesurer de 40 cm à plus de 2 m. Les feuilles sont composées, à folioles ovales, un peu dentées.

Les fleurs, petites, jaunes, en forme d'étoile, sont groupées sur un même pédoncule en bouquet lâche de trois à huit fleurs. Ces bouquets apparaissent en général régulièrement sur la tige chaque fois que la plante a émis trois feuilles (en conditions favorables, la plante pousse continuellement en émettant des feuilles et des bouquets des fleurs). L'ovaire de la tomate est supère (situé au-dessus du calice) et comporte le plus souvent deux loges, ou carpelles, mais certaines variétés peuvent en comporter trois ou cinq. (Polese, 2007).

Le fruit est une baie, c'est-à-dire un fruit charnu renfermant des graines appelées pépins. Ces pépins sont entourés d'une sorte de mucilage provenant de la gélification de l'enveloppe de la graine. Le cycle complet de graine à graine est de 90 à 120 jours en conditions optimales, suivant les variétés ; la première fleur

apparaît de 50 à 60 jours après le semis et il faudra encore de 55 à 70 jours après la fleur pour que la tomate soit mûre. . (Polese, 2007).



Fig. n°06 : la fleur de la tomate (Polese, 2007).

II.1.2. Classification botanique de la tomate :

Cronquist (1981), Gaussen et *al.*, (1982), rappellent que la tomate appartient à la classification suivante :

Règne : Plantae.

Sous règne : Trachenobionta.

Division : Magnoliophyta.

Classe : Magnoliopsida.

Sous classe : Asteridae.

Ordre : Solonales.

Famille : Solanaceae.

Genre : *Lycopersicum*.

Espèce : *Lycopersicum esculentum* Mill

II.1.3. Classification génétique :

La tomate cultivée *Lycopersicon esculentum* est une espèce diploïde avec $2n = 24$ chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants monogéniques dont certains sont très importants pour la sélection. C'est une plante autogame mais on peut avoir une proportion de fécondation croisée par laquelle la plante peut se comporter comme plante allogame (Gallais et Bannerot, 1992).

Selon le mode de fécondation, on distingue deux types de variétés de tomate:

II.1.3.1. Variétés fixées :

Elles se caractérisent par l'homozygotie, c'est-à-dire qu'elles conservent les caractères parentaux (Chaux et Fourry, 1994).

II.1.3.2 Variétés hybrides :

Elles se caractérisent par un effet hétérosis qui permet un cumul de gènes favorables, de résistance aux maladies, une meilleure nouaison, particulièrement en conditions défavorables (Chaux et Fourry, 1994)

II.1.4. Ecologie de tomate :

II.1.4.1. La température et la lumière :

La tomate demande un climat relativement frais et sec pour fournir une récolte abondante et de qualité. Cependant, la plante s'est adaptée à une grande diversité de conditions climatiques, allant du climat tempéré vers le climat tropical chaud et humide. La température optimale pour la plupart des variétés se situe entre 21 et 24°C. Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de températures, mais en dessous de 10°C et au-dessus de 38°C les tissus des plantes seront endommagés. La tomate réagit aux variations de température qui ont lieu pendant le cycle de croissance. Pour donner quelques exemples, cela affecte la germination des graines, la croissance des semis, la floraison, la mise à fruits ainsi que la

qualité des fruits. Lorsque des périodes de froid ou de chaleur perdurent pendant la floraison, la production de pollen sera réduite. Ceci affectera la formation des fruits. Le gel tue les pieds de tomate. Pour éviter des dommages de gel, il est prudent d'attendre la fin définitive de l'hiver avant de semer. Si l'on sème à l'intérieur, il est possible de le faire plus tôt (dans des pots ou des caissettes). L'intensité de la lumière affecte la couleur des feuilles, la mise à fruits et la couleur des fruits. . (Shankara et *al.*, 2005).

II.1.4.2 L'eau et l'humidité :

Le stress causé par une carence en eau et les longues périodes arides fait tomber les bourgeons et les fleurs et provoque le fendillement des fruits. Par contre, lorsque les averses sont très intenses et l'humidité est très élevée, la croissance des moisissures et la pourriture des fruits seront plus importants. Les temps nuageux ralentissent le mûrissement des tomates (Shankara et *al.*, 2005).

II.1.4.3 Le sol :

La tomate pousse bien sur la plupart des sols minéraux qui ont une bonne capacité de rétention de l'eau, une bonne aération et qui sont libres de sels. Elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées. La couche superficielle du terrain doit être perméable. Une profondeur de sol de 15 à 20 cm est favorable à la bonne croissance d'une culture saine. Dans les sols d'argile lourde, un labourage profond permettra une meilleure pénétration des racines (Shankara et *al.*, 2005).

II.1.4.4 Le pH:

La tomate tolère modérément un large intervalle de valeurs du pH (niveau d'acidité), mais pousse le mieux dans des sols où la valeur du pH varie entre 5,5 et 6,8 et où l'approvisionnement en éléments nutritifs est adéquat et suffisant. En général, ajouter de la matière organique stimule une bonne croissance. (Shankara et *al.*, 2005).

II.1.4.5 La matière organique:

Les sols qui contiennent beaucoup de matière organique, comme les sols tourbeux, sont moins appropriés dû à leur forte capacité de rétention d'eau et à une insuffisance au niveau des éléments nutritifs. (Shankara et *al.*, 2005).

II.1.5 Cultures de la tomate :

La tomate est cultivée selon deux systèmes principaux qui sont:

II.1.5.1 La culture de pleins champs :

Ce système de culture est le plus répandu. Si l'irrigation est disponible, les plantations peuvent être faites en saison sèche. La mécanisation est souvent réduite à la préparation du sol (Cirad et Gret, 2002).

II.1.5.2 La culture sous abris :

Ce système de culture vise à produire les tomates au long de l'année. Il permet de développer des productions hydroponiques, supprimant ainsi certaines contraintes liées au sol (Cirad et Gret, 2002). La culture sous abri fournit aujourd'hui une part essentielle du marché de frais pour les légumes-fruits tels que la tomate (Jeannequin et *al.*, 2005).

II.1.6 Les principales maladies de la tomate :

Les tomates sont surtout sensibles à des maladies (tableau n°01) qui se développent par temps humide. Traitez préventivement les pieds non abrités, afin d'éviter leur apparition. (Anonyme, 2016)

Tableau n°01 : Les principales maladies de la tomate. (Anonyme, 2016)

maladies	Observation	solutions
Alternariose	Le feuillage se couvre de taches brunes à noires entourées de jaune ; parfois, les tiges souffrent des mêmes symptômes. Ensuite, les fruits se creusent sous les taches noires qui provoquent leur pourrisse- ment. La maladie apparaît par temps humide. (Anonyme, 2016)	Supprimer les parties atteintes. Dès les premiers signes et si les conditions sont favorables au développement de l'alternariose, pulvériser un produit à base de cuivre pour limiter la propagation.
Mildiou	Des taches irrégulières, jaunes, puis brunes, envahissent le feuillage qui finit par se dessécher. Les tiges et les pétioles brunissent, sèchent, puis les fruits sont attaqués par	Couper vite les parties malades. Arroser sans mouiller le feuillage. Pulvériser de la bouillie bordelaise ou une décoction de prêle en prévention par temps

	<p>le mildiou près des pédoncules, ils présentent des taches noirâtres, sont bosselés et pourrissent. Les symptômes apparaissent surtout en fin d'été, plus tôt s'il est pluvieux</p>	<p>chaud et humide (après un orage), tous les 15 jours</p>
<p>Nécrose apicale ou cul noir</p>	<p>De larges taches noires déprimées se répandent sur la base des fruits, c'est-à-dire à l'opposé des pédoncules. Ces manifestations révèlent un problème physiologique des tomates</p>	<p>Gérer l'arrosage. Il ne s'agit pas d'une maladie, mais de la conséquence d'apports d'eau irréguliers, notamment en période de sécheresse. Arroser environ deux fois par semaine pendant les périodes sèches, sans mouiller le feuillage. Prendre bien soin de pailler le terrain afin qu'il conserve toute sa fraîcheur.</p>
<p>Pourriture grise</p>	<p>Par temps humide, des chancres bruns et secs apparaissent sur les tiges. Sur les feuilles, des taches brunâtres sont recouvertes d'un duvet gris ; les fruits portent des taches de pourriture molle. La maladie progresse vite</p>	<p> limiter la progression de la maladie. En premier lieu, couper les parties atteintes en faisant attention de ne pas disperser les spores présentes dans le feutrage gris. Ensuite, supprimer les</p>

Pourriture grise		plantes trop malades. Pulvériser enfin une décoction de prêle pour stimuler les défenses naturelles des tomates
------------------	--	---

II.1.7 La résistance variétale :

La lutte génétique fondée sur l'utilisation de variétés résistantes, apparaît comme un procédé idéal dans la mesure où il supprime, ou diminue, les interventions phytosanitaires en cours de culture ; ce qui réduit en outre la pollution chimique des récoltes et de l'environnement. Les efforts déployés, surtout depuis une vingtaine d'années, par les sélectionneurs de variétés possédant de plus en plus de gènes de résistance (Blancard,1988).

II.2 Le poivron :

II.2.1 Généralité sur le poivron :

Plante annuelle en climat tempéré car elle ne résiste pas au gel, mais pouvant vivre plusieurs années en climat tropical. Port dressé, presque arbustif, très ramifié. Les tiges de la base ont tendance à se lignifier. La plante atteint de 40 à 50 cm de haut en général. Les feuilles, alternes, lancéolées, se terminant en pointe, sont d'un vert brillant. Les fleurs, nombreuses et petites, sont blanches, à pétales soudés et pointus, au nombre de 6 à 8. Le fruit est une baie d'un type particulier, la pulpe, relativement mince et formant une espèce de capsule entourant un placenta plus ou moins volumineux portant de nombreuses graines. Extérieurement la peau est lisse et brillante, de couleur vert brillant avant maturité, elle prend à maturité une couleur vive, en général rouge, mais aussi jaune, orangé, violet, marron, noir... Les graines sont petites, plates, réniformes, de couleur crème. Les poivrons se distinguent des piments par des fruits plus gros et plus charnus, et surtout dépourvus de substance piquante. (Ferrière, 2007)

II.2.2 Classification :

Cronquist (1981) rappelle que le poivron appartient à la classification suivante :

Règne : plantae

Division : magnoliophyta

Classe : magnoliopsida

Ordre : solanales

Famille : solanaceae

Genre : *capsicum*

Espèce : *Capsicum annuum*

II.2.3 Ecologie du poivron :

II.2.3.1 Lumière :

Le poivron requiert une bonne luminosité, dans le cas contraire, le cycle végétatif du poivron se raccourcit. Les *Capsicum* sont des plantes de jours courts facultatifs, cela veut dire que la floraison se réalise mieux et plus abondante en jours courts pourvu que la température et les facteurs climatiques soient adéquats. Les exigences photopériodiques varient de 12- 15 heures (Valdez, 1994).

II.2.3.2 Température :

Le poivron est l'une des plantes maraîchères les plus exigeantes en température, mais moins exigeant en ensoleillement que la tomate. Le poivron est très sensible aux températures basses, le zéro végétatif est de 14°C. Son développement optimal s'observe sous des températures variant entre 16 à 26°C et pour un éclaircissement de l'ordre de 50 à 60% du rayonnement solaire tropical, surtout les jeunes plantes. Sous les tropiques, une altitude de 400 à 800 m lui est favorable (CIRAD, 2002). Son optimum de croissance se situe à 24°C. Les températures supérieures à 35°C réduisent la fructification et la photosynthèse. Les exigences de la culture en lumière sont très grandes (Skiredj, et *al.*, 2005).

II.2.3.3 Type de sol :

Les meilleurs sols pour la culture du poivron sont les sols de texture légère. Les sols doivent être bien drainés, et avoir une bonne quantité de matière organique. Le pH doit être compris entre 5.5 et 7.0. L'irrigation dans les sols sableux est favorable à cette culture (Valdez, 1994).

II.2.3.4.Irrigation:

Les besoins de la culture se situent aux environs de 400 mm pendant la période végétative et de 200 à 400 mm pendant la période de cueillettes, soit 600 à 800 mm/cycle. Le but essentiel de tout système d'irrigation consiste à mettre à la

disposition de la plante la quantité d'eau nécessaire à ses besoins en temps opportun. Toute erreur en irrigation à des conséquences graves sur la production puisque la faculté restauratrice des racines du poivron est faible (Skiredj et *al.*, 2005).

II.2.4 Principaux ennemis :

Le poivron est sensible à un grand nombre de parasites et de maladies. En culture protégée, il faut faire particulièrement attention à certains virus, champignons, bactéries, insectes et nématodes. La pourriture apicale du fruit est également à craindre surtout en conditions de sol trop salin, d'eau trop saumâtre ou d'excès d'engrais.

Parmi les insectes nuisibles les plus importants et les plus fréquents, on trouve la *Trialeurodes vaporariorum* (mouche blanche), les pucerons, vecteurs de viroses et les araignées. Au cours de ces dernières années, on semble s'orienter vers une destruction de ces prédateurs par des moyens autres que chimiques (lutte biologique et/ou moyens chromo-attractifs).

A l'heure actuelle, on n'est parvenu à améliorer la résistance des plantes que face à améliorer la résistance des plantes que face à certains virus et à certains champignons : dans la plupart des cas, les résistances ne sont ni totales ni stables. Par conséquent, plus que toute autre plante, le poivron nécessite une protection méticuleuse contre les parasites du sol par le truchement de la stérilisation du sol (bromure de méthyle ou autres produits chimiques spécifiques).

D'autres possibilités existent telles que :

-l'utilisation de semences traitées au moyen de produits chimiques.

-la culture de poivron en tête d'assolement après stérilisation du sol ; ceci permet de limiter les dégâts *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, nématodes et *Phytophthora capsici*.

-l'aération judicieuse des serres afin d'éviter le Botrytis.

-l'arrosage localisé afin d'éviter la propagation du *phytophthora capsici* aplanosporangies.

La lutte préventive directe au moyen de produits chimiques contre le *Botrytis cinerea*, le *Rhizoctonia solani*, le *Verticillium dahliae* et le *Leveillula taurica* semble nécessaire sous abris plastiques car le microclimat y est favorable au développement de ces maladies. La propagation éventuelle des *Cercospora spp*, *Alternaria spp*, *Colletotrichum spp*, *Fusarium spp*, *Sclerotium* et *Sclerotinia*, *Xanthomonas*, peuvent justifier la mise en application d'autres moyens de lutte plutôt curatifs. (Nisen et al, 1988)

Deuxième partie :

Expérimentation

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes :

III.1. Objectif du travail :

Notre travail a pour but d'évaluer l'impact des nématicides sur le développement des champignons qui s'attaquent au nématode du genre *Meloidogyne* qui ravage les cultures maraichères. Notre étude s'intègre en particulier à faire une prospection dans deux E.A.I (Exploitation Agricoles Individuelle) visités afin de mettre un constat sur l'état des serre, les cultures précédentes, les variétés utilisées et les produits chimique appliqués, cela en choisissant un questionnaire approprié, faire une étude analytique du sol étudié (pH, humidité,...) qui peut nous donner une idée sur les limites de nos interventions ,ainsi qu'inventorier les champignons prédateurs et parasites de nématodes à galles (*Meloidogyne sp*) présentent dans le sol sur une profondeur de 0-20 cm, on prélevant du sol frais à l'intérieur et à l'extérieur des serres , cela nous permettra d'estimer la présence, la fréquence et le comportement des champignons nématophages (parasites et prédateurs).

III.2. Présentation de la région d'étude :

III.2.1. Localisation géographique de la région d'étude :

Sur l'importance des cultures maraichères et plus précisément la culture de la tomate et le poivron qui occupent une place très importante en Algérie, nous avons choisi la commune de khemisti dans la daïra de Bousmail dans la wilaya de Tipaza.

III.2.2. Description de la région de khemisti :

La commune de Khemisti est située au nord-est de la wilaya de Tipaza, à environ 50 km au sud-ouest d'Alger et à environ 20 km à l'est de Tipaza, limitée à l'Ouest par la commune de Bouharoun, au Est par la commune de Chaiba, au Nord par la mer Méditerranée et la commune de Bousmail, au Sud par la commune de Attatba. (Fig n°07)



Fig. n°07 : situation géographique de la commune de Khemisti. Wilaya de Tipaza.

III.3 Méthode :

La collecte de nos échantillons est faite au niveau de deux exploitations agricole localisées dans la wilaya du Tipaza dans la ville du Khemisti.

Les prélèvements de sol sont effectués dans les 20 premiers centimètres du profondeur. La prise du sol a été effectuée à l'intérieur et à l'extérieur de chaque serre (tomate et poivron) dans trois points différents (l'entrée, centre et la sortie de chaque serre).

Le poids du sol récupéré dans chaque site (intérieur ou extérieur) est de 2 kg. Les échantillons de sol ont été conservés dans des sachets en plastique fermés. Chaque sachet porte une étiquette indiquant la date, le lieu du prélèvement et toutes les mentions utiles.

III.3.1 Les caractéristiques des sols :

III.3.1.1 les analyses physico-chimiques du sol :

Les analyses pédologiques et physiques du sol sont effectuées au niveau du laboratoire de pédologie à l'université du Blida 1. Les analyses effectuées sont :

- le pH.
- la conductivité électronique (C.E).
- l'humidité.
- le calcaire total. (Fig. n°08)

a)- analyse du pH-eau :

La mesure du pH d'une suspension d'un échantillon de sol dans l'eau (pH-eau) rend compte de la concentration en ions H_3O^+ à l'état dissocié dans le liquide surnageant. Ces ions sont en équilibre avec ceux présent à l'état non dissocié, fixés sur certains composants solides du sol tels que les minéraux argileux, les matières organiques et certains composés dans lesquels l'aluminium est associé à des molécules d'eau et à des OH^- . Ces composés solides, par leur aptitude à fixer des ions H^+ ou OH^- , tempèrent les variations de pH du sol. La résistance que celui-ci offre au changement s'appelle le pouvoir tampon. Celui-ci sera d'autant plus fort que le sol possède une CEC importante, donc qu'il contiendra davantage d'argile et de matières organiques. Ce pouvoir tampon aura une importance pour (par exemple) faire passer le pH d'un sol cultivé de 6 à 7 par rapports de calcaire.

a.1. Mode opératoire :

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.

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.

b) la conductivité électronique :

La Conductivité électrique de la pâte saturée (CE) est une méthode qui a servi de standard pour mesurer la charge en sels solubles dans le sol. Elle est mesurée selon la méthode préconisée par le laboratoire de Riverside (Richards, 1954).

La conductivité électrique d'un matériau terreux dépend de sa composition, de sa structure et de sa teneur en eau.

b.1. Mode opératoire

b.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).

b.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.
- Mesurer la conductivité électronique avec le conductimètre.

c) l'humidité :

L'humidité du sol (ou eau contenue dans le sol) détermine de façon essentielle la variation des caractéristiques de différents matériaux ou sols.

Le taux d'humidité d'un sol en particulier va déterminer les caractéristiques de diffusion ou de stockage de l'eau dans ce sol.

c.1. Mode opératoire :

c.1.1. Matériels utilisés :

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

c.1.2. 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.

d) Le calcaire total :

Le calcaire total est une des composantes héritée du sol. La présence de calcaire confère au sol des caractéristiques spécifiques en termes de comportement physique et chimique et influe sur son activité biologique.

d.1. Mode opératoire :

d.1.1. Matériels utilisés :

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

d.1.2. Méthode du travail :

- Peser 1g de sol.
- Le mettre dans l'erenmeyer.
- Verser 50 ml de Hcl.
- Agiter pour mélanger.
- Insérer l'erenmeyer au calcimètre.
- Lire le volume de CO₂ dégagé.
- Faire le calcul de pourcentage du calcaire contenu dans le sol.



Photo n°01 : 20g de sol



Photo n° 02 : 50 ml d'eau distillée.



Photo n°03 : solutions (sol+eau distillée)



Photo n°04 : agitateur magnétique.



Photo n°05 : filtration



Photo n°06 : mesure le pH avec le pH- mètre.



Photo n°07: Conductimètre



Photo n°08 : étuve

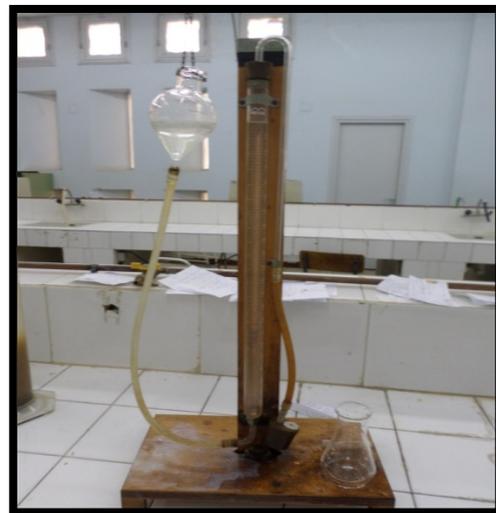


Photo n°09 : incubateur

Photo n°10 : calcimètre

Fig. n°08: les différentes étapes des analyses pédologiques et physiques du sol.
(Originale, 2016).

III.4 Préparation du milieu de culture PDA :

La gélose dextrose à la pomme de terre (en abrégé « PDA », pour Potato dextrose agar) est un milieu de culture microbiologique courant produit à base d'infusion de pomme de terre et de dextrose.

C'est le milieu de culture le plus largement utilisé pour cultiver des mycètes et des bactéries qui attaquent les plantes vivantes ou la matière organique végétale en décomposition. Pour le préparer on suit la procédure suivante : faire bouillir 200g de pomme de terre dans 1L d'eau. Récupérer le bouillon, le mettre dans un cristalliseur et ajuster avec de l'eau jusqu' à 1L. Peser 20 g de glucose et le mélanger avec le bouillon sur l'agitateur magnétique. Peser 20g de l'agar et le partager sur 5 flacons (4g dans chaque flacon). Verser 200ml de bouillon dans chaque flacon. Stériliser les flacons dans l'autoclave à 120 °C pendant 20 mn à une pression inférieure à 2 bar. Laisser refroidir. Une fois le milieu refroidit, on le coule dans les boites de pétri stériles d'une épaisseur de 02 à 03 mm.

III.5 Isolement des différentes espèces de champignons à partir du sol :

Nous coulons le milieu préparé (PDA) dans les boites de pétri. Nous faisons quatre répétitions pour chaque serre (tomate et poivron). Chaque boite est datée, numérotée et nommée ; après la solidification du milieu dans les boites nous ensemençons le sol, puis nous inversons les boites de pétri pour éviter le risque de contamination par les gouttelettes d'eau accumuler sur le couvercle.

III.6 Conditions d'incubation:

Une fois que le sol ensemencé dans les boites de pétri, ces boites seront mises dans l'étuve à une température de 25°C qui est favorable au développement des champignons nématophages.



Photo n°01 : bouillon de pomme de terre.



Photo n°02 : glucose



Photo n°03 : Agar.



Photo n°04 : Préparation du milieu PDA.



Photo n°05 : Autoclave



Photo n°06 : ensemencement du sol dans les boîtes de pétri.

Fig. n°09 : différentes étapes de la préparation du milieu de culture (originale ,2016).

III.7 Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites :

Pour la détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites, nous nous sommes référés aux clefs de détermination 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 conidiophores.
- Les boutons adhésifs.
- Les conidies.
- Les mycéliums perforants
- Les chlamydospores.

III.8 Analyse statistique :

Pour comparer les différents champignons nématophages et de déterminer le niveau de signification entre les différentes sols (traité et non traité). L'analyse statistique proprement dite est effectuée en faisant appel à l'analyse de variance model «G.L.M » (Modèle Linéaire Global) avec SYSTAT VERS. 12, SPSS (2009).

Résultats et discussions

IV. Résultats

IV. 1. Importance du questionnaire :

Le questionnaire que nous avons préparé nous a permis d'avoir une idée générale sur la région d'étude (Khemisti).

Nous avons constaté que les serres dans cette région ont été construites il n'y a pas très longtemps, elles ont toutes 3 ans, l'utilisation de produits chimiques se fait chaque année dont les produits couramment utilisés (Rufaste, Zéro, Fimiga, Trinole, Opéro, Imacide...). Nous avons noté aussi l'utilisation des engrais Aminoacide (a 44), Organophosphate.

IV. 2. Caractérisation des sols étudiés :

IV. 2.1 Analyse physique :

- **L'humidité :**

Les résultats d'humidité des quatre échantillons de sols étudiés sont représentés par la figure n°10.

D'après les résultats obtenus, nous constatons que les échantillons des sols étudiés sont caractérisés par une humidité variant de 4 à 11%.

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées par les sols extérieurs qui sont de 10.89% et de 4.77% pour les serres tomate et poivron respectivement. Les sols intérieurs enregistrent 4.66% pour les deux serres.

IV. 2.2 Analyses physico-chimiques :

- **Le pH eau :**

Les résultats du pH-eau sont exprimés en unités de pH et sont lus directement sur le cadran du pH-mètre. Les valeurs varient entre un minimum de 6.45 et un

maximum de 7.16 et sont représentées graphiquement dans la figure n°11. D'après les résultats ci-dessous, le pH des sols étudiés est faiblement acide à neutre.

- **La conductivité électronique :**

Les résultats de la conductivité électronique sont exprimés en unités micro siemens (μs) et sont lus directement sur le cadran du conductimètre. Les résultats des quatre échantillons de sols étudiés sont représentés sur la figure n°12.

D'après les résultats obtenus, nous constatons que les échantillons des sols sont aussi caractérisés par une conductivité électronique variant entre 1.8 μs à 4.1 μs . Les valeurs les plus élevées sont celles du sol intérieur de poivron 4.1 μs , sol intérieur de la tomate 3.4 μs et sol extérieur de la tomate 3.4 μs , l'échantillon qui représente la valeur la plus faible est le sol extérieur de poivron 1.8 μs (figure n°12).

- **Le calcaire total :**

Les résultats du calcaire des quatre échantillons de sols étudiés sont représentés sur la figure n°13.

D'après les résultats obtenus, nous constatons que les échantillons des sols étudiés sont aussi caractérisés par un calcaire variant de 0.45 à 1.91%. Les valeurs les plus élevées sont celle des échantillons de sol extérieur du poivron 1.91%, le sol extérieur de la serre de tomate 1.33%, le sol intérieur de la serre du poivron 0.89%, l'échantillon qui représenté la valeur la plus faible est celle du sol intérieur de la serre de la tomate 0.45% (figure n°13).

D'après les résultats ci-dessous, les sols étudiés sont des sols non calcaires.

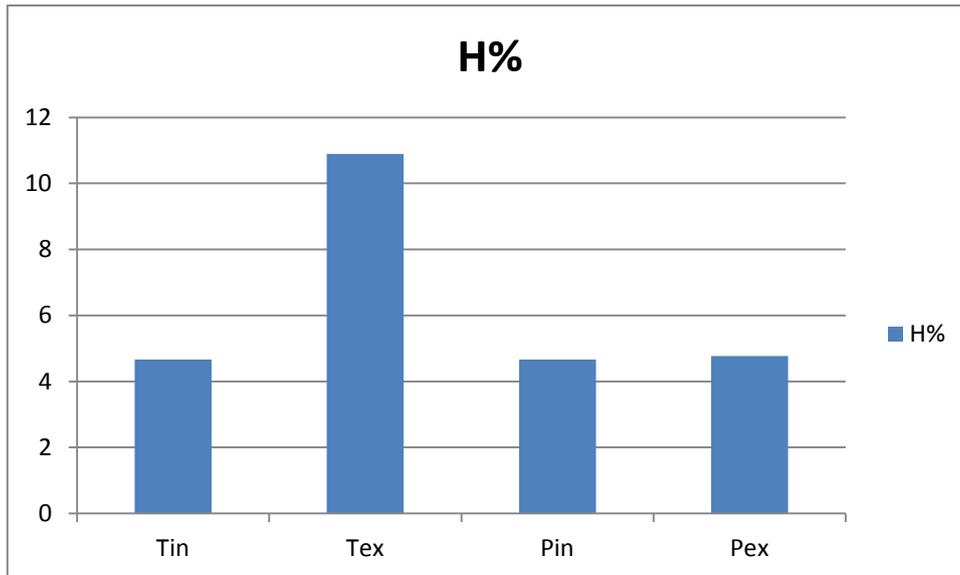


Figure n°10 : Taux d'humidité des quatre sols étudiés.

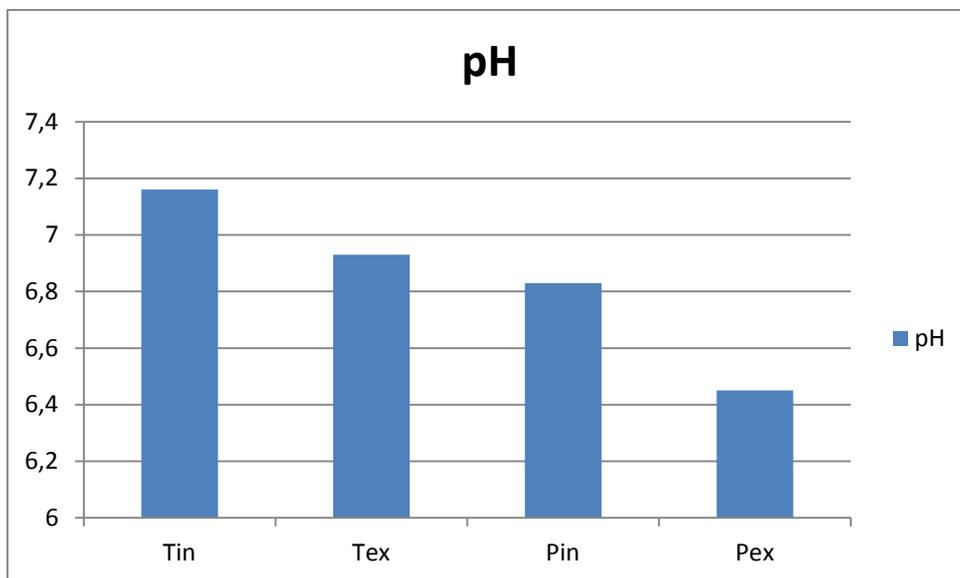


Figure n°11 : la mesure du pH des quatre sols étudiés.

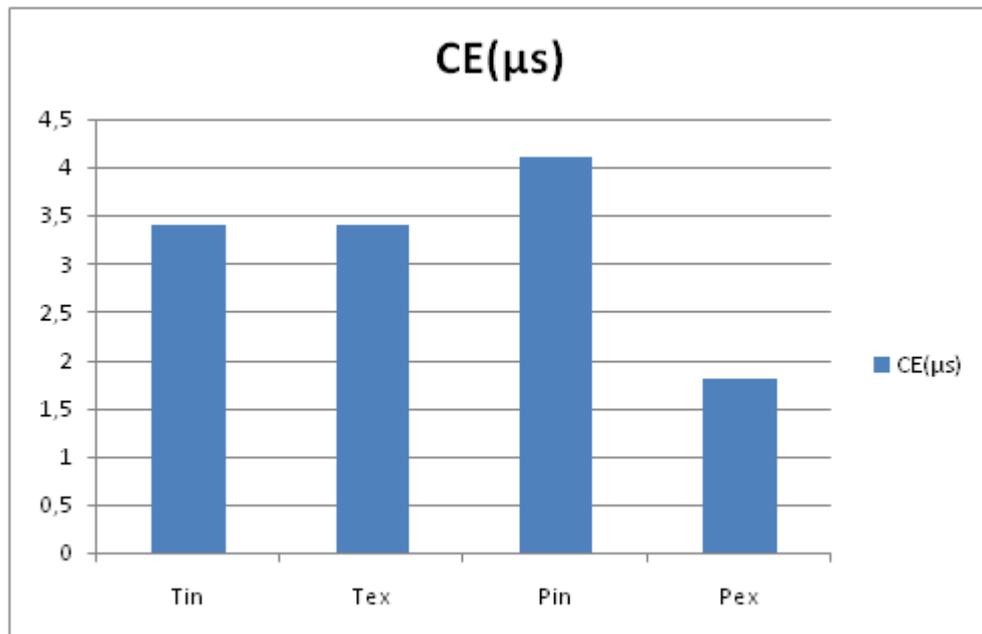


Figure n°12 : la mesure de la conductivité électronique des quatre sols étudiés.

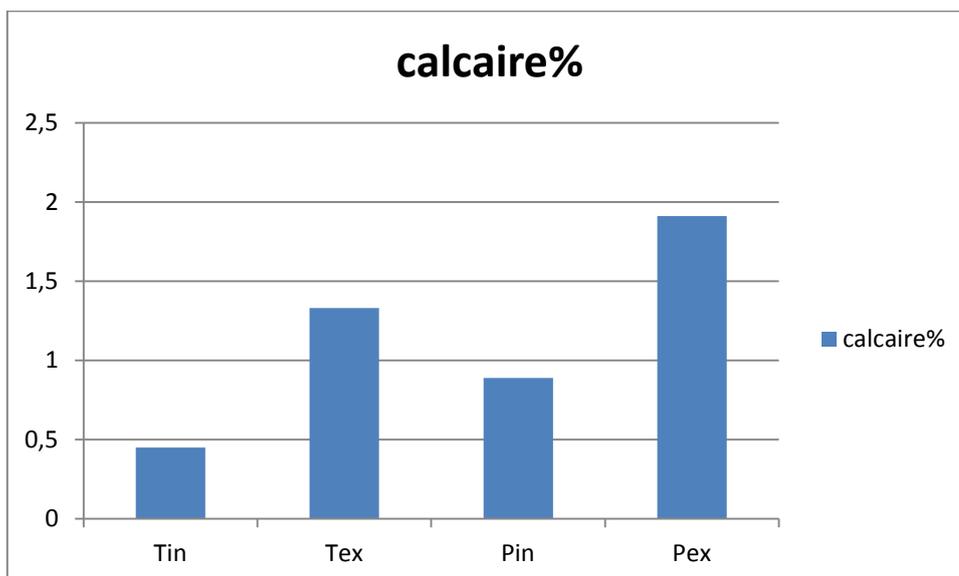


Figure n°13 : la mesure des calcaires des quatre sols étudiés.

IV.3. Evaluation quantitative et qualitative de la mycoflore (champignons prédateurs et parasites) utilisée en lutte biologique contre les *Meloidogyne* :

IV.3.1. Espèces des champignons nématophages prédateurs et parasites des nématodes répertoriées :

Après une observation à l'état frais nous avons pu répertorier 10 espèces de champignons nématophages (prédatrices et parasites) (Figure n°14) à partir des différentes clés de détermination :

- ***Arthrobotrys musiformis*** : c'est une espèce qui possède des chlamydospores produites par des filaments qui montrent la séparation de la paroi en couche interne et externe, la forme des conidies est bicellulaire et allongée (Buyck, 1986).
- ***Arthrobotrys oligospora*** : ce champignon présente des conidiophores longs, minces, simples, hyalins légèrement élargis au sommet où les spores apparaissent. Il est caractérisé par un petit réseau prédateur, les conidies sont hyalines subdivisées en deux cellules, elles sont oviformes rectangulaires. La portion de conidiophores est dénudée, les conidies se regroupent et constituent une forme de bouquet. (Barnett et Hunter, 1998).
- ***Arthrobotrys dactyloïdes*** : il est caractérisé par des conidies pronlongées ellipsoïdes, légèrement incurvées soutenues dans le faisceau de l'apex du conidiophore (Nordbring-Hertz, 1979).
- ***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).
- ***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).

- ***Torula herbarum***: Fructification en grand nombre enroulant les tiges et s'étendant sur plusieurs centimètres. Conidiophores très courts, brun, se terminant par une cellule gonflée, avec une sombre paroi épaisse à base verruqueuse échinulée. (Link, 1832).
- ***Dactylella ellipsospora***: espèce qui présente des boutons adhésifs pédonculés après germination des conidies. (Buryck, 1986).
- ***Botrytis cinerea***: est un champignon pathogène ubiquiste responsable de pourritures grises sur un grand nombre de plantes hôtes d'importance économique en agriculture et en horticulture. (Keller et al., 2003).
- ***Verticillium lateritium***: Le champignon *Verticillium lateritium* est un pathogène généralisé des œufs et des femelles de nœuds racine et les nématodes à kystes (Willcox & Tribe, 1974; Kerry & Crump, 1977; Morgan-Jones et al., 1981).
- ***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).

Les espèces prédatrices sont: ***Arthrobotrys musiformis*, *Arthrobotrys oligospora*, *Arthrobotrys dactyloides*, *Stylopaga cephalote* et *Dactylella ellipsospora*.**

Les espèces parasites sont: ***Rhizoglyphus nigellus*, *Harposporium anguillulae*, *Botrytis cinerea*, *Verticillium lateritium* et *Torula herbarum***

IV. 4. Classification des champignons nématophages :

Les espèces de champignons nématophages parasites et prédatrices sont présentées par ordre systématique et selon leur mode de vie.

Dans notre expérimentation nous avons remarqué que les différentes espèces répertoriées ne se présentent pas de la même manière; il y a celles qui sont présentes dans toutes les boîtes (04 répétitions) d'autres sont présentes dans une seule boîte, pour cela nous avons donné une échelle qui évalue leur fréquence allant de 100% pour leur présence dans les 04 boîtes et 0 quand elles sont absentes.

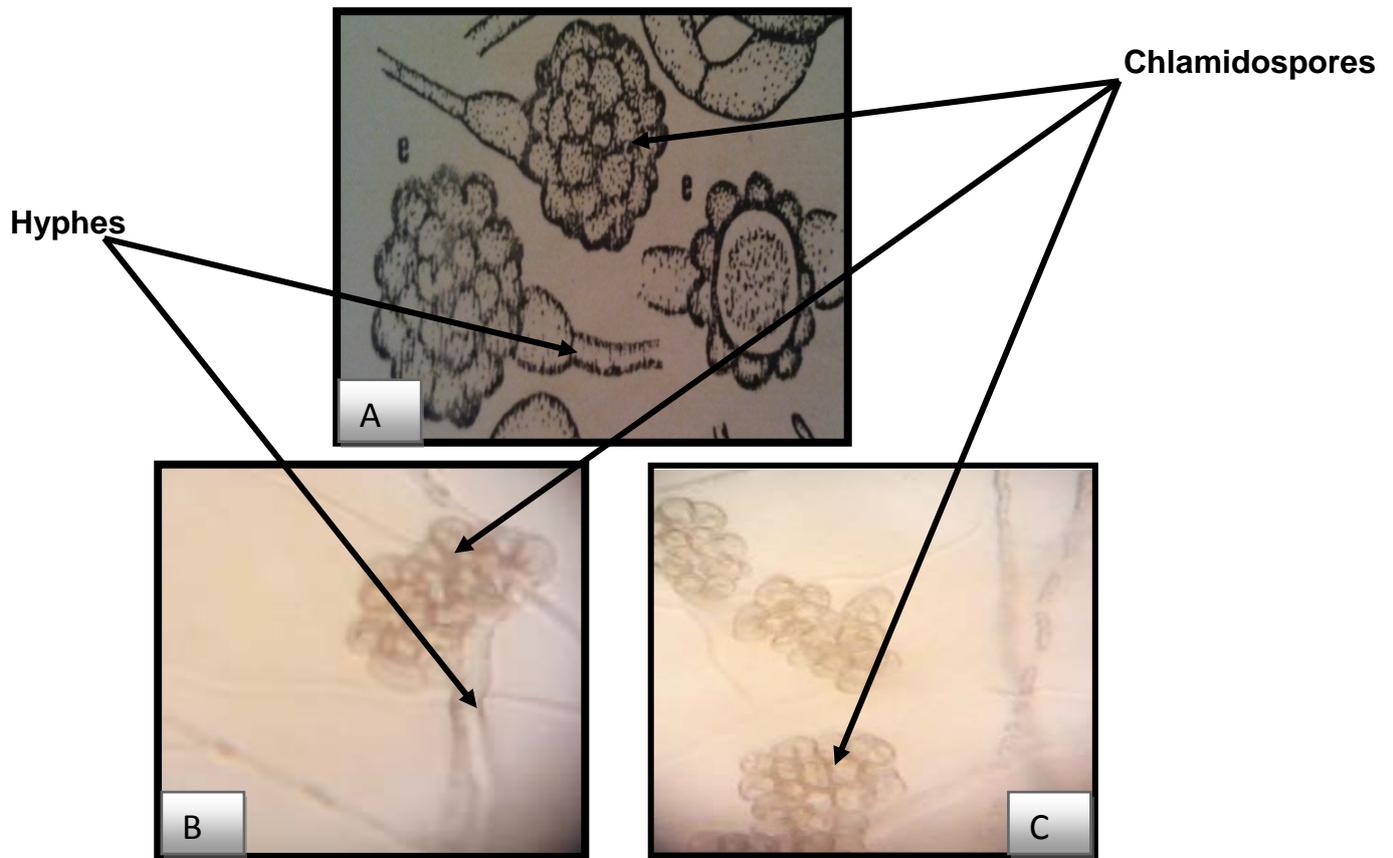


Photo n°01 : *Arthrobotrys musiformis*

A : Buyck, 1986 ; B, C : original

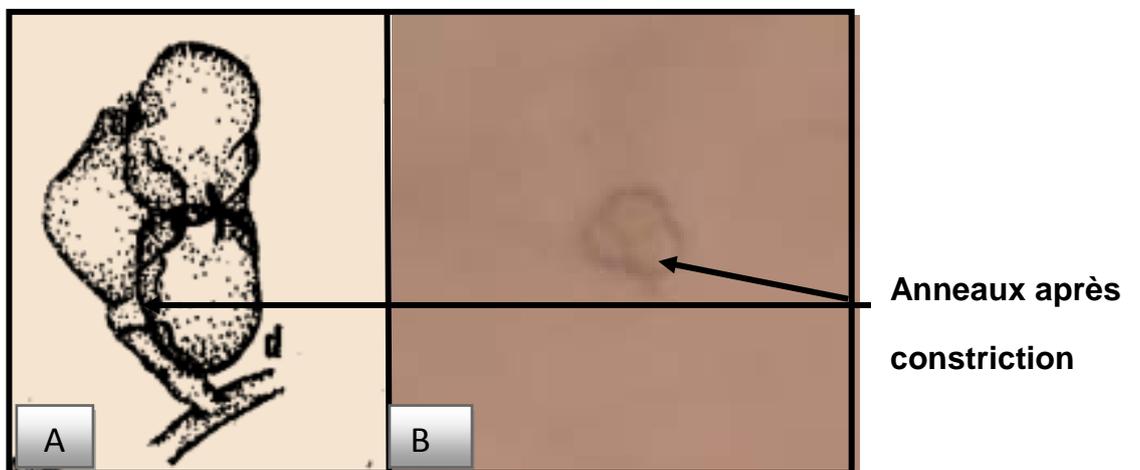


Photo n°02 : *Arthrobotrys dactyloides*

A : Buyck, 1986 ; B: original

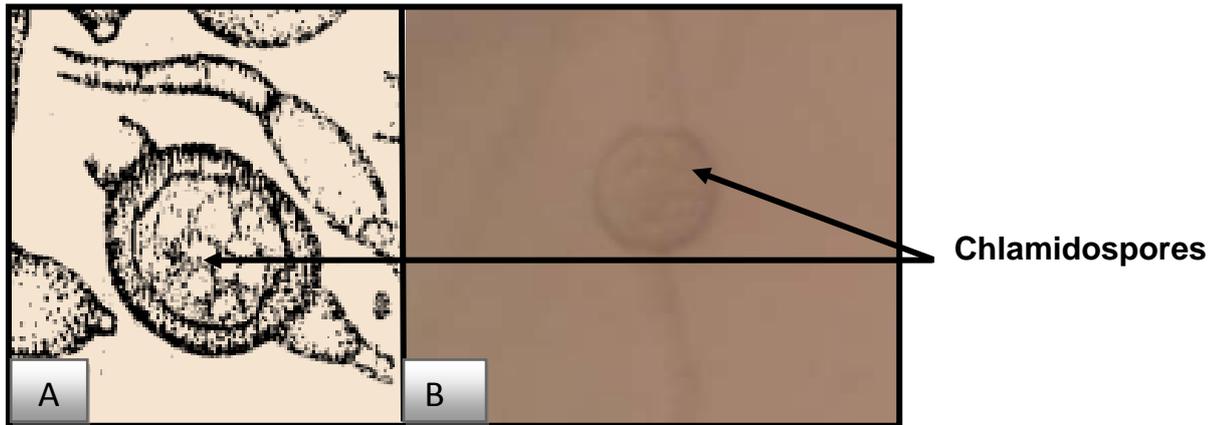


Photo n°03 : *Arthrobotrys oligospora*

A : Buyck, 1986 ; B: original

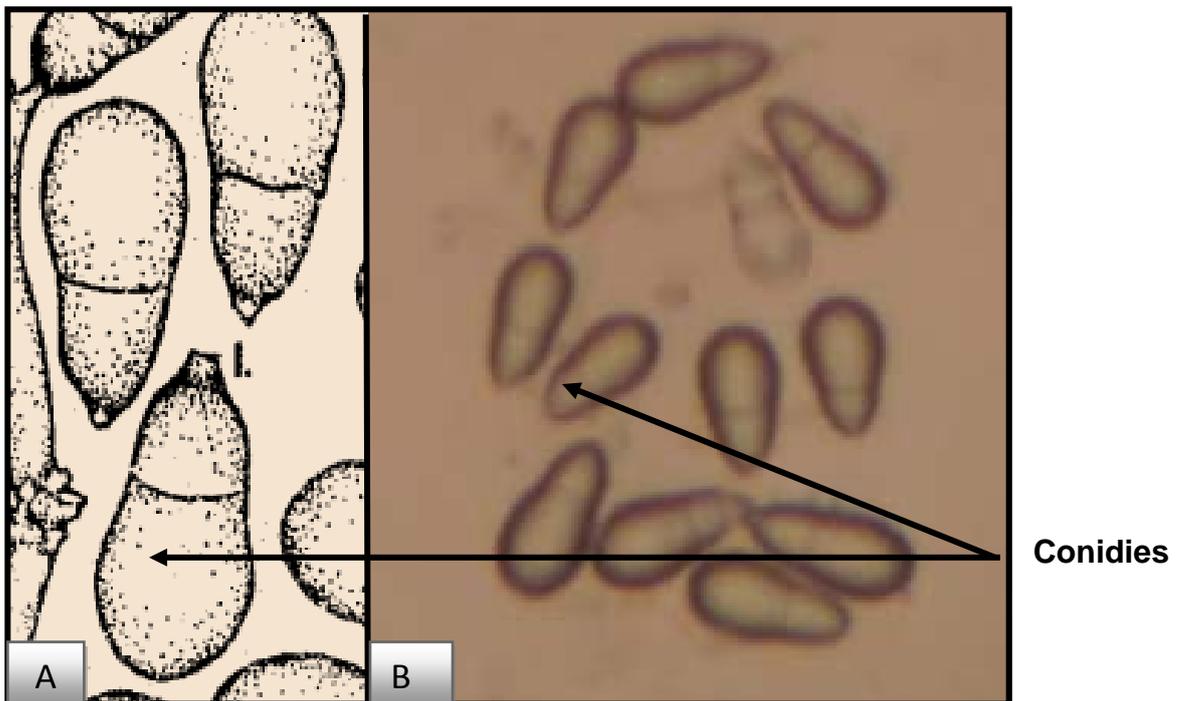


Photo n°04 : *Arthrobotrys oligospora*

A : Buyck, 1986 ; B: original

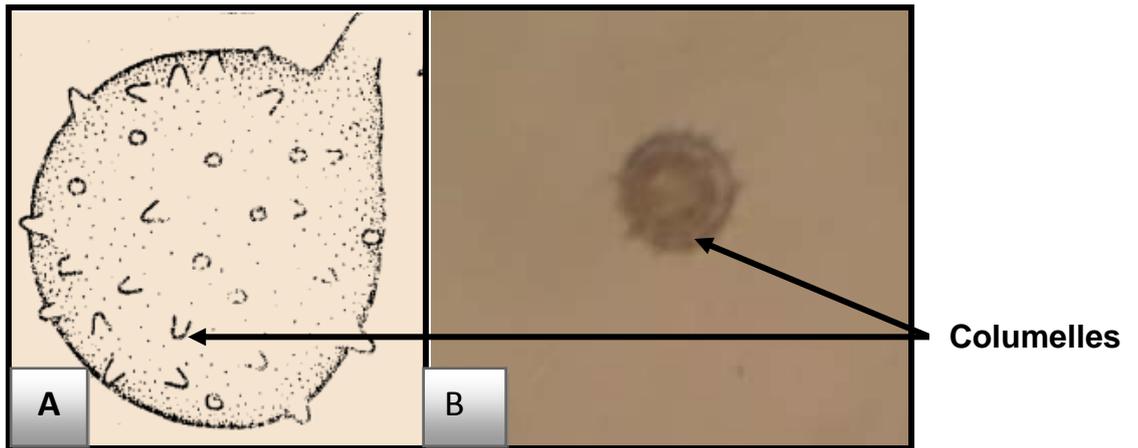


Photo n°05 : *Rhopalomyces elegans*

A : Buyck, 1986 ; B: original

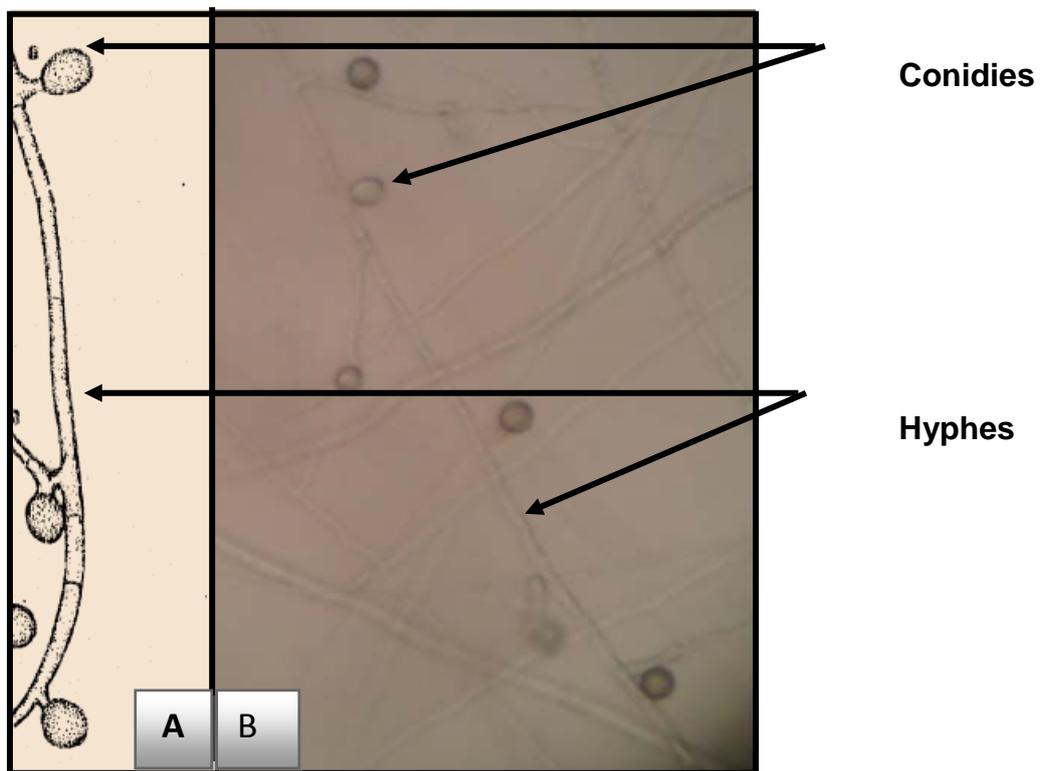


Photo n°06 : *Dactelella ellipsospora*

A : Buyck, 1986 ; B: original

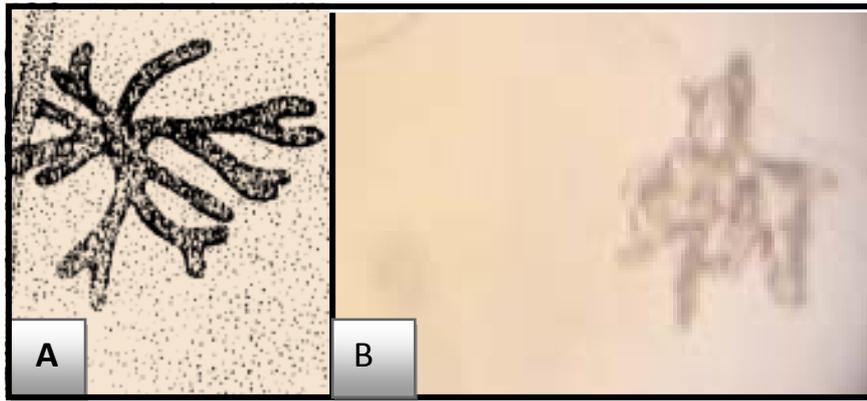


Photo n°07 : amibe capturée où se sont étendus deux systèmes assimilateurs de *Stylopage cephalote*

A : Buyck, 1986 ; B: original

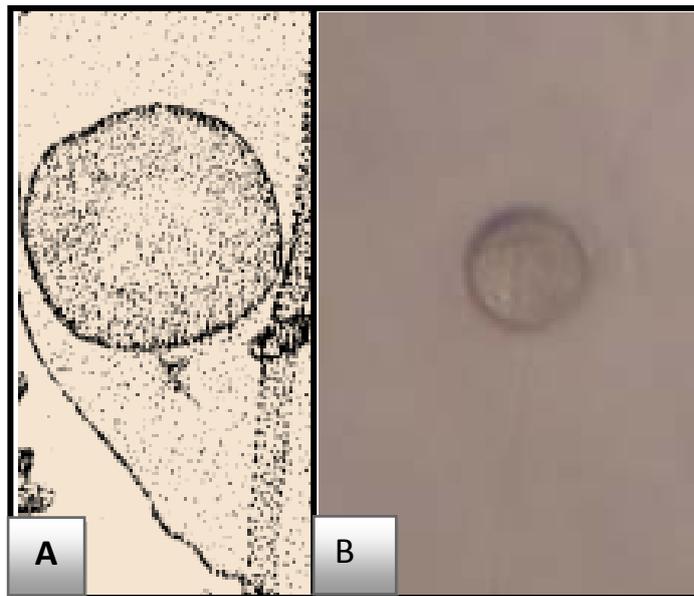


Photo n°08 : amibe capturée où se sont étendus deux systèmes assimilateurs de *Stylopage cephalote*

A : Buyck, 1986 ; B: original

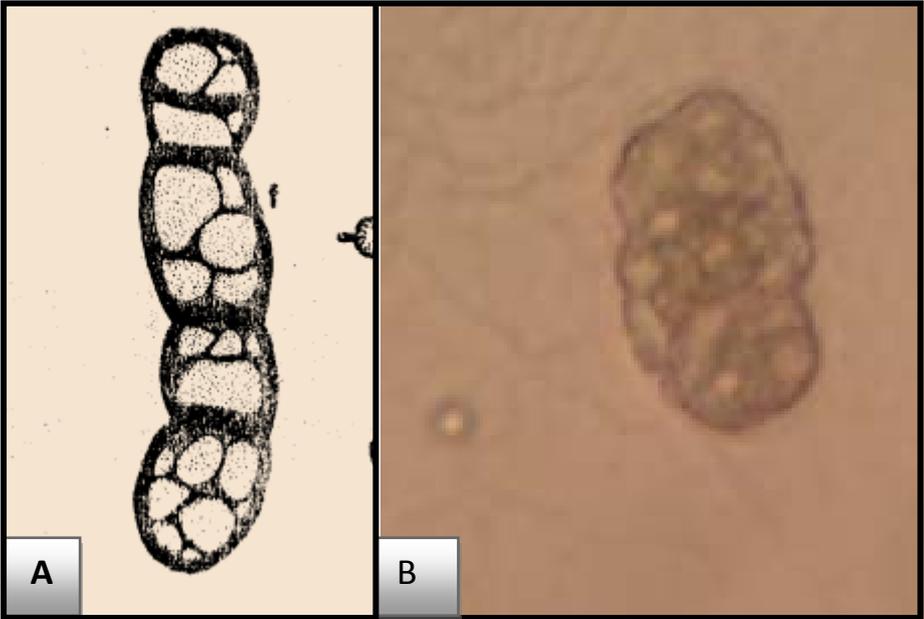


Photo n°09: *Harposporium anguillulae*
A : Buyck, 1986 ; B: original

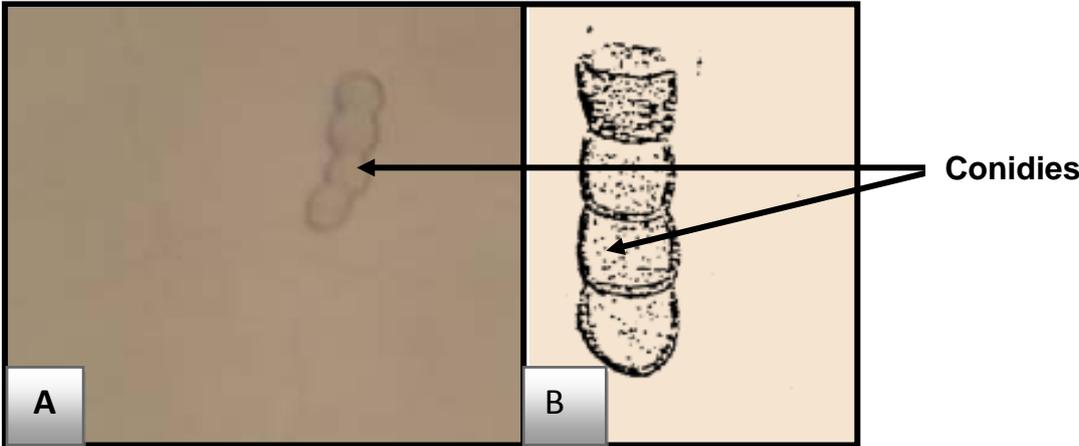


Photo n°09: *Torula herbarum*
A: original ; B: Buyck, 1986

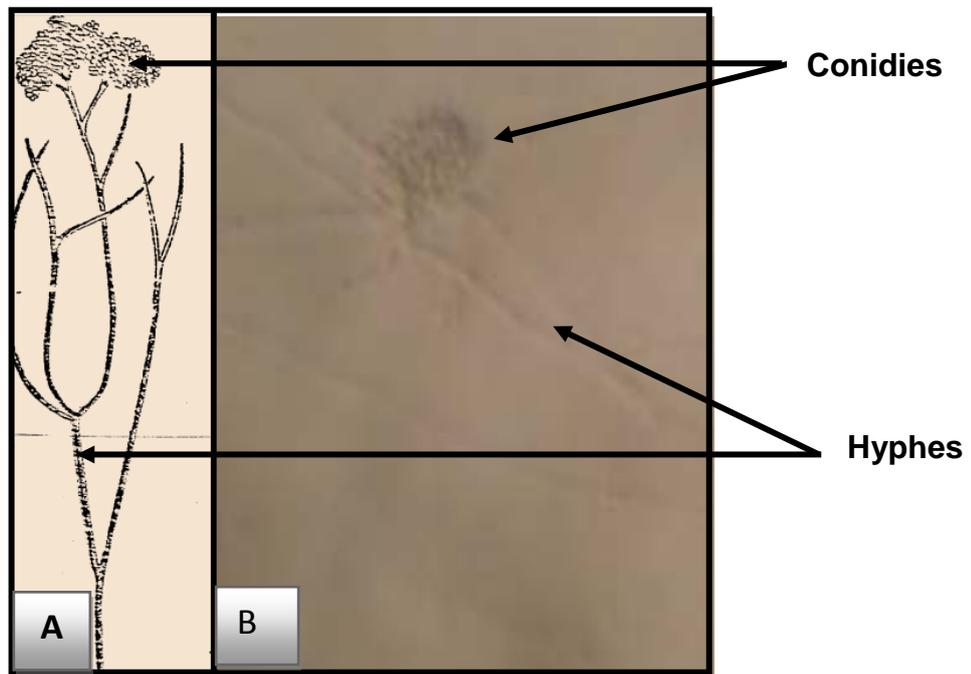


Photo n°10: *Botrytis cinerea*

A : Buyck, 1986 ; B: original

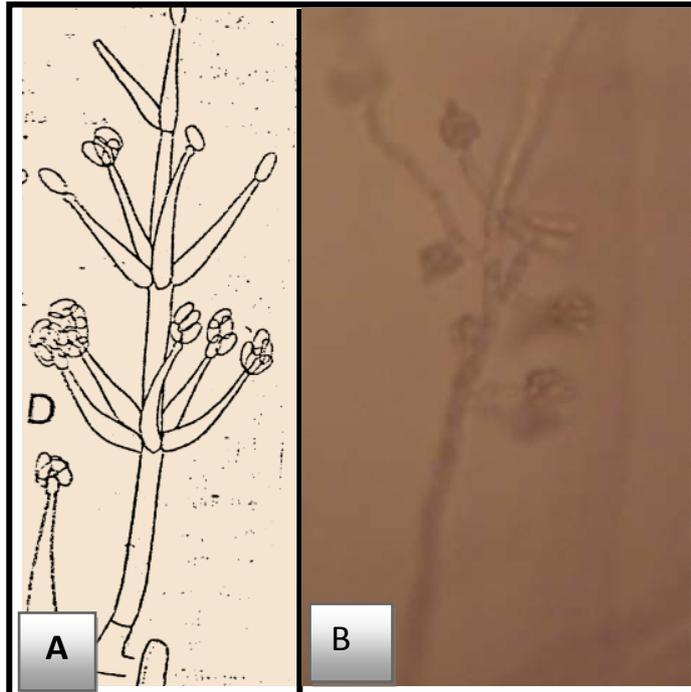


Photo n°11: *Verticillium lateritium*

A : Buyck, 1986 ; B: original

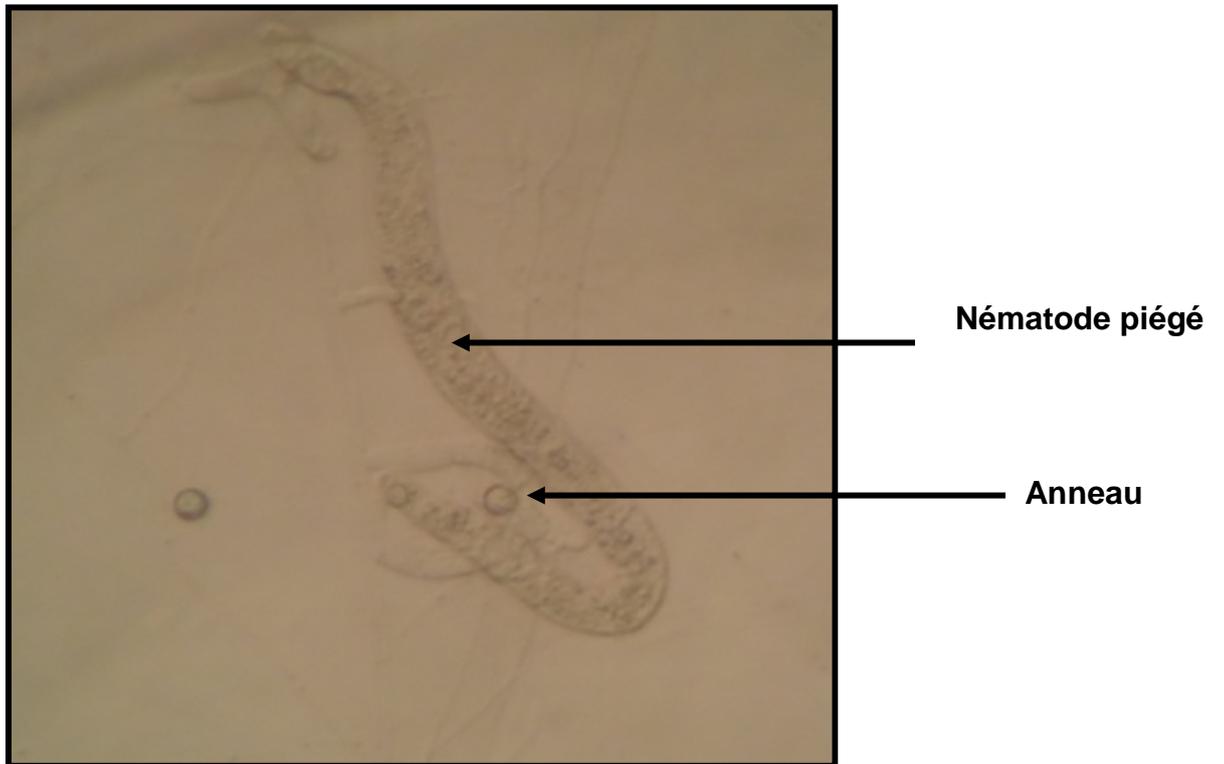


Photo n° 13 : Nématode piégé par *Arthrobotrys sp*

Figure n°14: Différents champignons prédateurs et parasites de *Meloidogyne sp* répertoriées dans la région d'étude. (Original, 2016)

IV. 5. Isolement des champignons nématophages :

La fréquence des espèces présentées dans les sols étudiés a été estimée par rapport à leurs présences dans les répétitions :

Espèce présente dans une seul répétition= 25%

Espèce présente dans deux répétitions= 50%

Espèce présente dans trois répétitions= 75%

Espèce présente dans toute les répétitions= 100%

IV. 5.1 A l'extérieur de la serre de tomate :

09 espèces de champignons nématophages ont été identifiés : *Arthrobotrys musiformis*, *Arthrobotrys oligospora*, *Arthrobotrys dactyloïdes*, *Rhopalomyces elegans*, *Stylopage cephalote*, *Torula herbarum*, *Dactylella ellipsospora*, *Botrytis cinerea* et *Harposporium anguillulae*. Ces espèces sont présentées avec les fréquences de 100%, 100%, 50%, 100%, 100%, 25%, 100%, 25%, 25% respectivement (figure n°15).

IV. 5.2 A l'intérieur de la serre de tomate :

07 espèces de champignons nématophages ont été identifié il s'agit de : *Arthrobotrys oligospora*, *Arthrobotrys dactyloïdes*, *Rhopalomyces elegans*, *Stylopage cephalote*, *Dactylella ellipsospora*, *Botrytis cinerea* et *Harposporium anguillulae*. Ces espèces sont présentées avec les fréquences de 75%, 25%, 75%, 25%, 75%, 25%, 25% respectivement (figure n°16).

IV. 5.3. A l'extérieur de la serre de poivron :

09 espèces de champignons nématophages ont été identifié il s'agit de : *Arthrobotrys musiformis*, *Arthrobotrys oligospora*, *Arthrobotrys dactyloïdes*, *Rhopalomyces elegans*, *Stylopage cephalote*, *Dactylella ellipsospora*, *verticillium lateritium*, *torula herbarum* et *Botrytis cinerea*. Ces espèces sont présentées avec

les fréquences de 25%, 100%, 25%, 75%, 25%, 75%, 100%, 50%, 25% respectivement (figure n°17).

IV.5.4. A l'intérieur de la serre de poivron :

07 espèces de champignons nématophages ont été identifiées il s'agit de : *Arthrobotrys musiformis*, *Arthrobotrys oligospora*, *Arthrobotrys dactyloïdes*, *Rhopalomyces elegans*, *Stylopaga cephalote*, *Dactylella ellipsospora* et *verticillium lateritium*. Ces espèces sont présentées avec les fréquences de 25%, 100%, 25%, 50%, 50%, 50%, 100% respectivement (figure n°18).

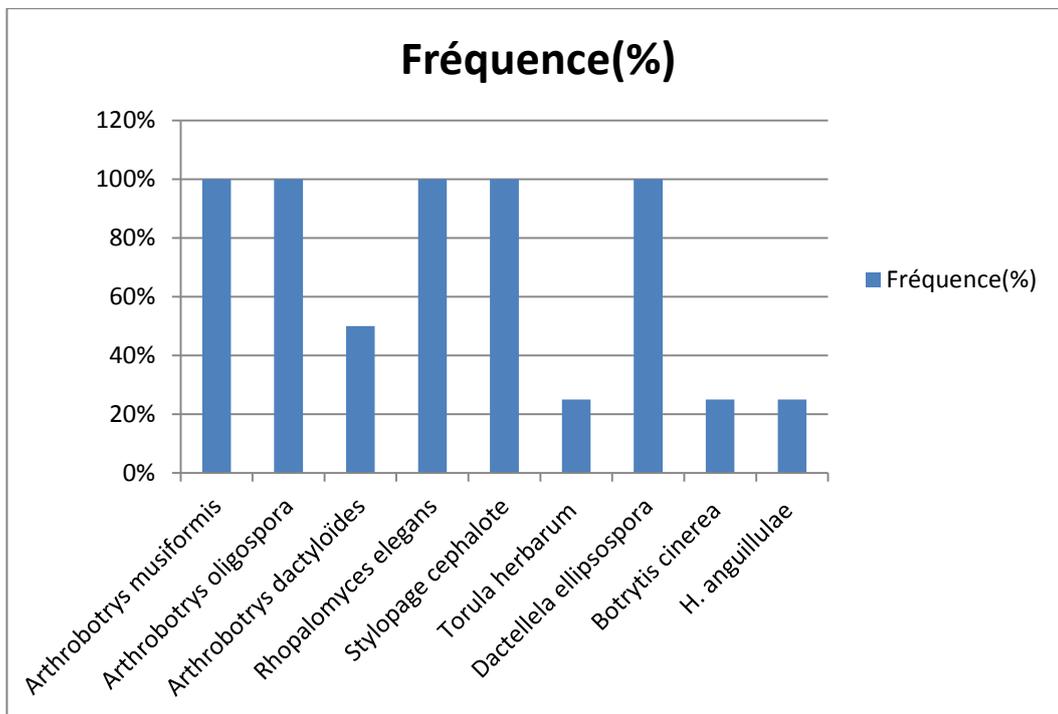


Figure n°15 : fréquence de champignons nématophages à l'extérieur de la serre de tomate

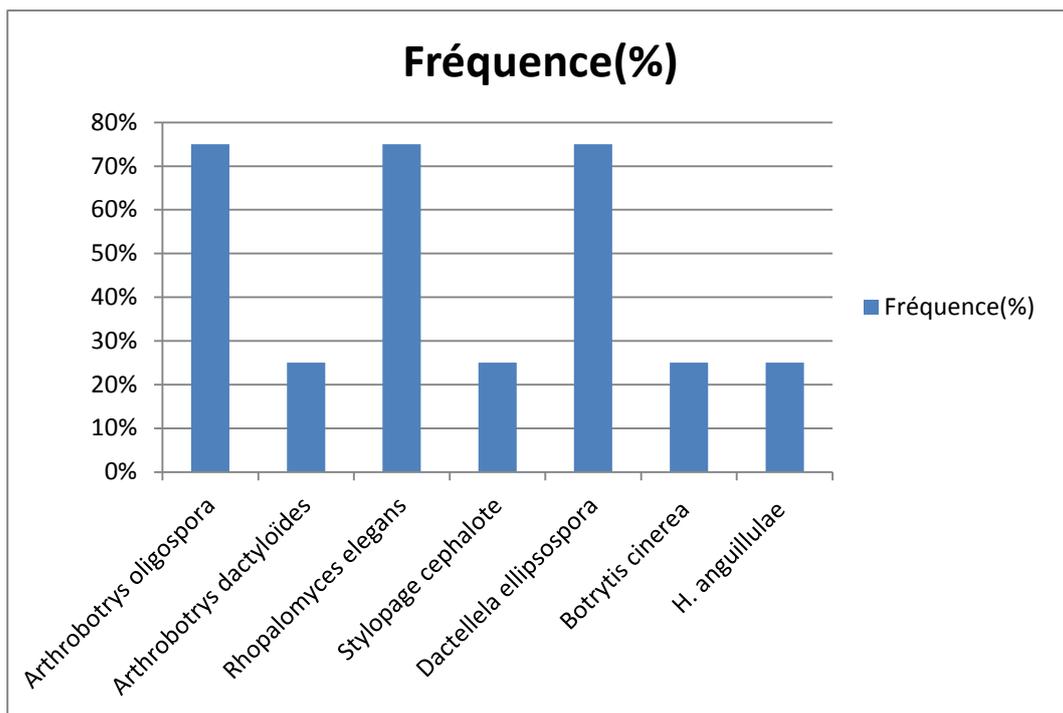


Figure n°16 : fréquence de champignons nématophages à l'intérieur de la serre de tomate

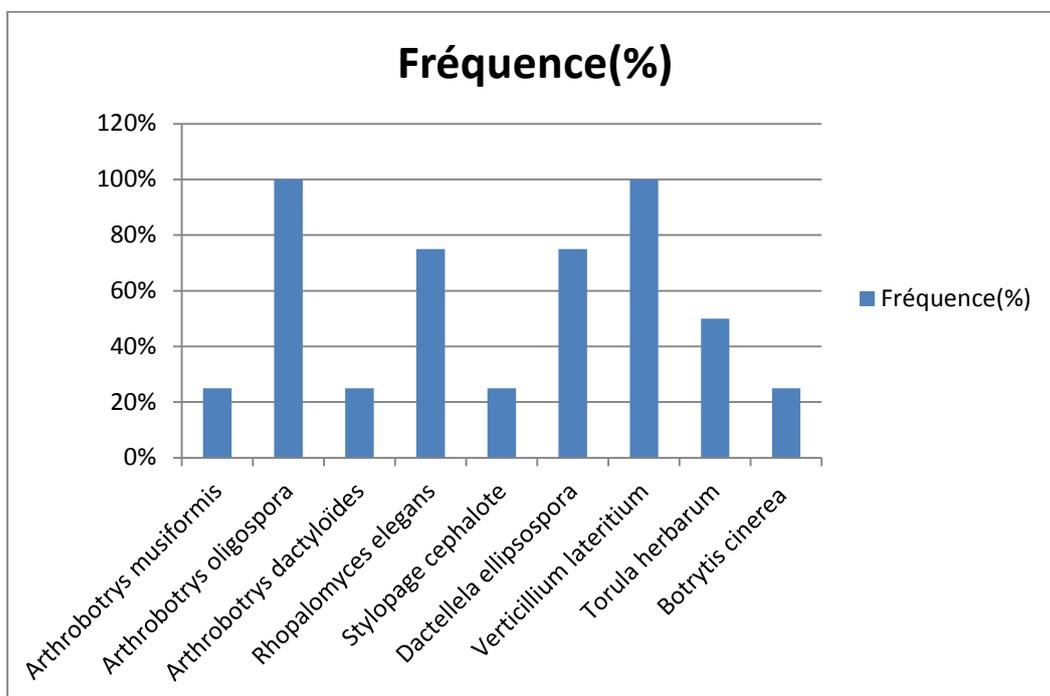


Figure n°17: fréquence de champignons nématophages à l'extérieur de la serre de poivron.

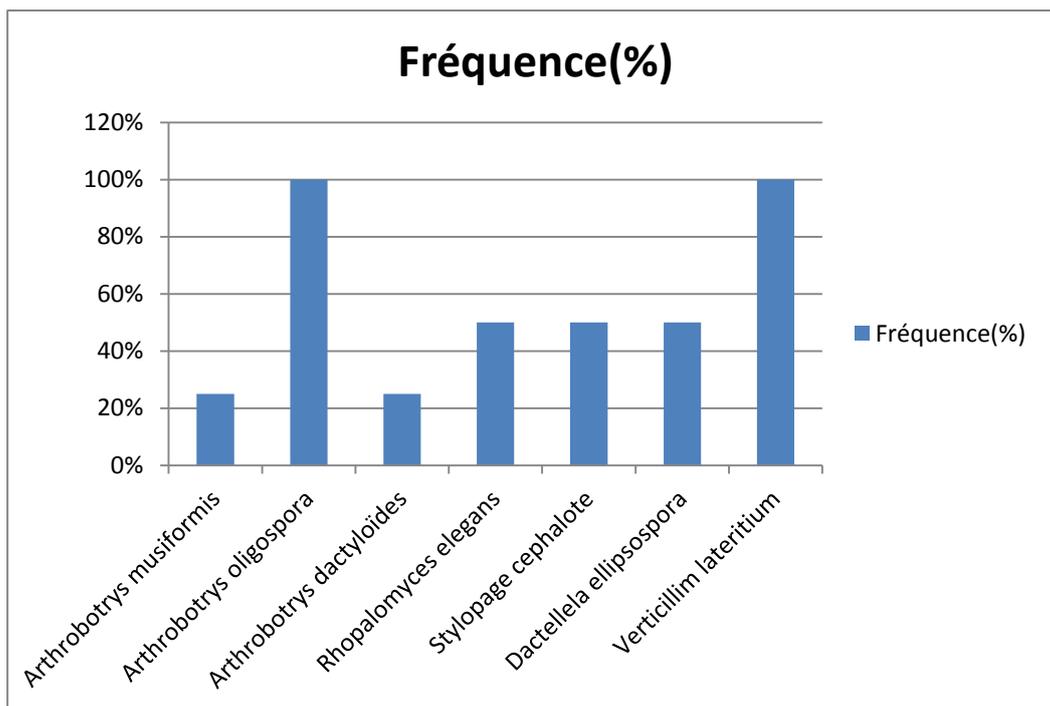
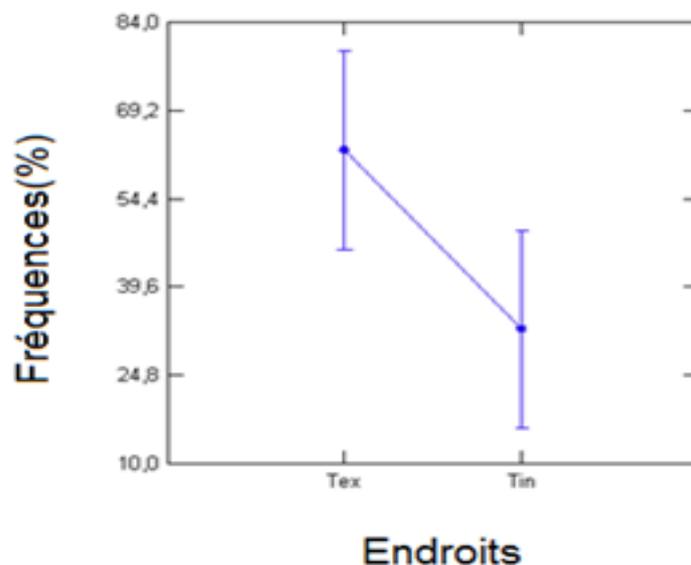


Figure n°18: fréquence de champignons nématophages à l'intérieur de la serre de poivron.

- Le modèle G.L.M appliqué à la répartition globale des champignons nématophages identifiée en fonction des endroits étudiés (intérieur et extérieur de la serre de tomate) (figure n° 19), montre une différence significative entre la répartition globale des endroits. De même une répartition significative entre les champignons nématophages ; les probabilités respectives sont ($p=0,018$; $p<0.05$) et ($p=0,027$; $p<0.05$).



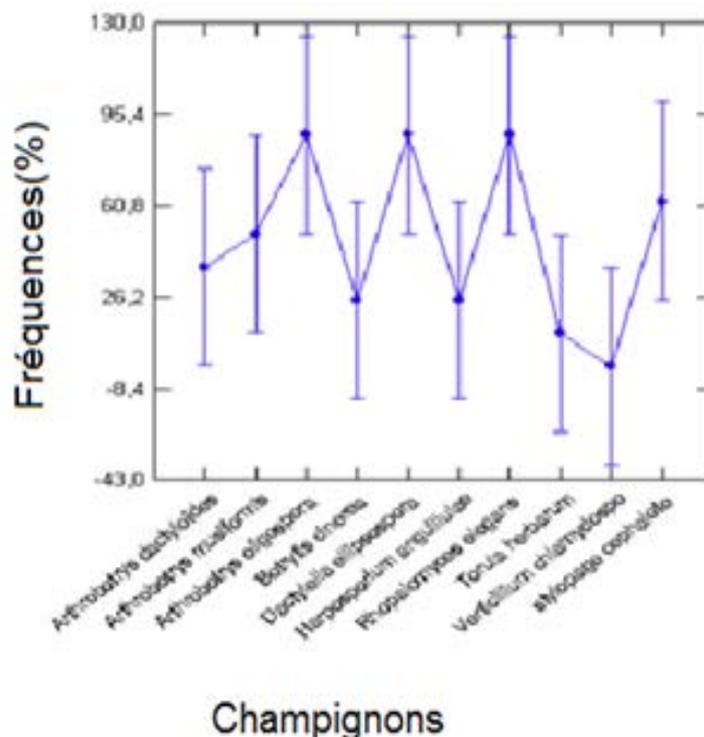
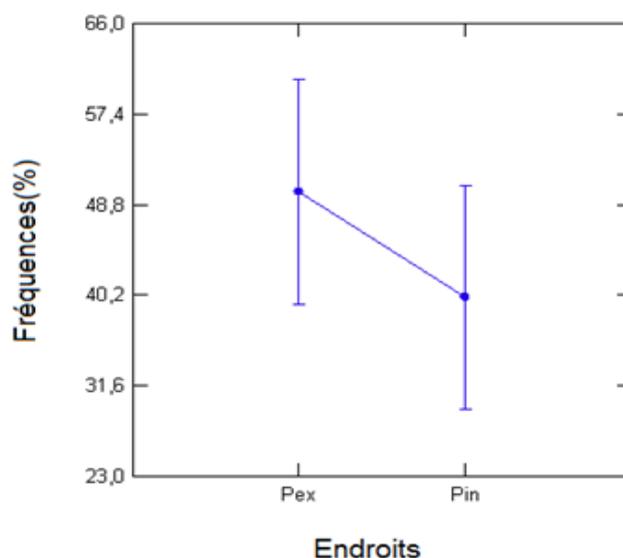


Figure n°19 : comparaison des fréquences des champignons nématophages présentés à l'intérieur et à l'extérieur de la serre de tomate.

- Le modèle G.L.M appliqué à la répartition globale des champignons nématophages identifiée en fonction des endroits étudiés (intérieur et extérieur de la serre de poivron) (figure n° 20), montre une différence non significative entre la répartition globale des endroits. Par contre, une répartition significative entre les champignons nématophages ; les probabilités respectives sont ($p=0,168$; $p>0.05$) et ($p=0,001$; $p<0.05$).



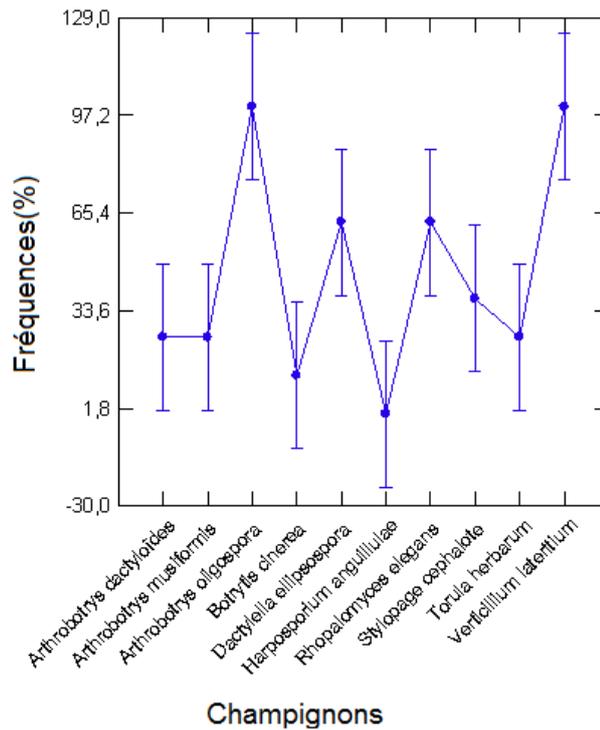
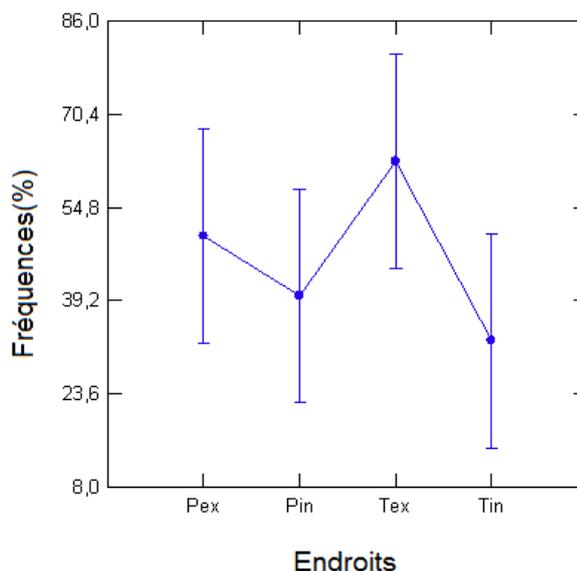


Figure n°20 : comparaison des fréquences des champignons nématophages présentés à l'intérieur et à l'extérieur de la serre de poivron.

- Le modèle G.L.M appliqué à la répartition globale des champignons nématophages identifiée en fonction des endroits étudiés (intérieur, extérieur de la serre de poivron et intérieur, extérieur de la serre de tomate) (figure n° 21), montre une différence non significative entre la répartition globale des endroits. Par contre, une répartition significative entre les champignons nématophages; les probabilités respectives sont ($p=0,109$; $p>0.05$) et ($p=0,002$; $p<0.05$).



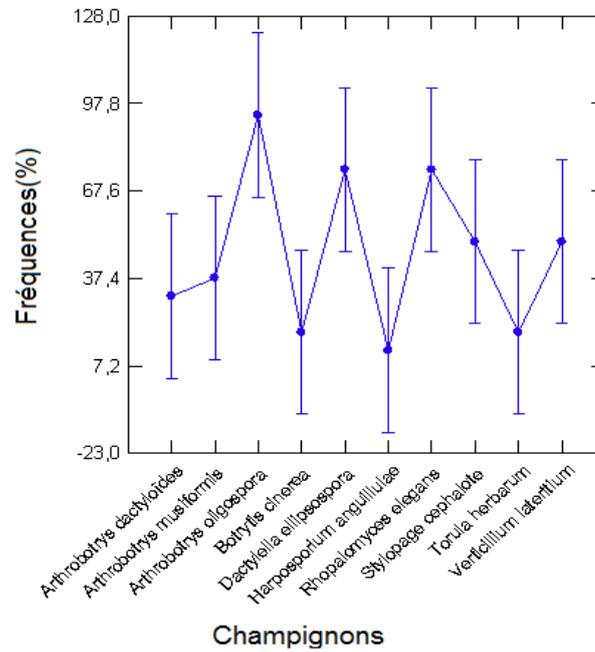


Figure n°21 : comparaison des fréquences des champignons nématophages présentés à l'intérieur, à l'extérieur de la serre de poivron et à l'intérieur, à l'extérieur de la serre de tomate.

IV.6. Discussion :

Nous avons constaté que dans la région d'étude que nous avons prospecté l'utilisation de produits chimiques se fait chaque année, et nous pouvons dire que les nématicides ont été utilisés sans tenir compte de l'état d'infestation du sol par les *Meloidogyne*, cela montre que l'intervention chimique est systémique 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). Du fait des problèmes qu'ils peuvent poser au niveau sanitaire ou environnemental (réduction de la couche d'ozone, polluant de l'air et des nappes phréatiques, toxicité humaine et animale). De plus, en traitant que les 20 à 30 premiers cm de sol, ils ne détruisent pas les nématodes des couches profondes qui remontent et attaquent la culture suivante, nécessitant des traitements répétés. (Djian-Caporalino et *al.*, 2009).

L'utilisation des engrais est pratiquée dans la région d'étude. 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). Des études montrent également que les apports de matière organique compostée (végétale ou animale) améliorent le sol, augmentent la tolérance des plantes aux nématodes et ont une action bénéfique sur les prédateurs ou parasites de nématodes présents naturellement dans le sol (Djian-Caporalino et *al.*, 2009).

Nous avons remarqué que les différents endroits étudiés présentent des champignons nématophages prédateurs et parasites du Genre : *Arthrobotrys*, *Dactylella*, *Rhopalomyces*, *Stylopage*, *Torula*, *Botrytis*, *Verticillium* et *Harposporium*

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, le Genre le plus représenté est *Arthrobotrys* avec deux espèces omniprésente *Arthrobotrys oligospora* et *Arthrobotrys dactyloïdes* dans les 04 endroits. 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).

La croissance des souches d'*Arthrobotrys oligospora* est optimale à une température variant entre 25°C et 35°C mais elle est nulle à 40°C et la croissance radiale est meilleure à pH acide (5,6) qu'à un pH basique (7,8). (Guey et al., 1997).

D'après Cayrol, 1980, il constate qu'un sol riche en humus à un pH 7 (neutre) est particulièrement favorable au développement de l'*Arthrobotrys irregularis*. Les tests envisagés par (Vedie et Geffroy, 2005) sur le comportement du champignon nématophage *Arthrobotrys conoides* vis-à-vis les *Meloidogyne spp* nématode sur culture de tomate, ils constatent que le développement mycélien de l'*Arthrobotrys conoides* n'est pas favorable à un sol à pH 8,1 et une température élevée 30°C et 35°C.

Conclusion générale

Conclusion générale:

L'étude du pathosystème « nématodes à galles (*Meloidogyne spp*) parasite de la tomate (*Lycopersicum esculentum*) et poivron (*Capsicum annuum*) » à permis d'essayer de comprendre l'effet des nématicides sur le développement des champignons nématophages en effectuant un suivi de recherche relatifs aux facteurs de leur développement.

D'après les résultats de l'analyse du sol obtenus, le pH des sols étudiés est faiblement acide à neutre. L'*Arthrobotrys* se développe rapidement dans un sol à pH neutre.

Dans notre travail, nous somme intéressés à l'étude des champignons utiles en fonction de pH des sols, l'humidité et les produits nématicides utilisés.

Nous avons pu répertorier 10 espèces de champignons nématophages (parasites et prédateurs): *Arthrobotrys musiformis*, *Arthrobotrys oligospora*, *Arthrobotrys dactyloïdes*, *Rhopalomyces elegans*, *Stylopaga cephalote*, *Torula herbarum*, *Dactylella ellipsospora*, *Botrytis cinerea*, *Verticillium lateritium*, *Harposporium anguillulae*.

Dans notre approche, nous avons pu montrer que la présence des champignons nématophages est naturelle.

Il apparait qu'à l'extérieur de la serre de la tomate, les espèces les plus fréquentes sont *Arthrobotrys musiformis*, *Arthrobotrys oligospora*, *Rhopalomyces elegans*, *Stylopaga cephalote* et *Dactylella ellipsospora* avec un taux de 100% suivit *Arthrobotrys dactyloïdes* avec un taux de 50% suivit *Torula herbarum*, *Botrytis cinerea* et *Harposporium anguillulae* avec un taux de 25%.

A l'intérieur de la serre de la tomate, les espèces les plus fréquentes sont *Arthrobotrys oligospora*, *Rhopalomyces elegans* et *Dactylella ellipsospora* avec un taux de 75% suivit *Arthrobotrys dactyloïdes*, *Stylopaga cephalote*, *Botrytis cinerea* et *Harposporium anguillulae* avec un taux de 25%.

Conclusion générale

A l'intérieur de la serre de poivron, les espèces les plus fréquentes sont *Arthrobotrys oligospora* et *verticillium lateritium* avec un taux de 100% suivit *Rhopalomyces elegans*, *Stylopaga cephalote* et *Dactylella ellipsospora* avec un taux de 50% suivit *Arthrobotrys musiformis* et *Arthrobotrys dactyloïdes* avec un taux de 25%.

A l'extérieur de la serre de poivron, les espèces les plus fréquentes sont *Arthrobotrys oligospora* et *verticillium lateritium* avec un taux de 100% suivit *Rhopalomyces elegans* et *Dactylella ellipsospora* avec un taux de 75% suivit *Torula herbarum* avec un taux de 50% suivit *Arthrobotrys musiformis*, *Arthrobotrys dactyloïdes*, *Stylopaga cephalote* et *Botrytis cinerea* avec un taux de 25%.

Nous constatons que les différents champignons nématophages présentent une diversité, le Genre le plus représenté est l'*Arthrobotrys* avec une espèce omniprésente *Arthrobotrys oligospora* dans tous les endroits et toutes les répétitions.

L'*Arthrobotrys* est un genre dont le mécanisme de piégeage qui n'est pas complexe avec une rapidité de capture de L2 et une facilité de développement dans les sols.

Nous avons noté une différence significative entre la répartition globale des endroits dans la serre de la tomate et non significative dans la serre de poivron et entre les deux serres. Par contre, une répartition significative entre les champignons nématophages dans tous les endroits.

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

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

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **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.
2. **ANONYME, 2008-** Calcaire total et calcaire actif. Laboratoire agronomique de Normandie.
3. **ANONYME, 2016-** Khemisti ville [http://fr.wikipedia.org/wiki/Khemisti_\(Tipaza\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Khemisti_(Tipaza))
4. **ANONYME, 2016-** Khemisti ville <https://www.google.dz/maps>
5. **ANONYME, 2016-** Maladies et parasites de la tomate. <http://www.rustica.fr>
6. **BARRON G.L., 1968-** The genera of hyphomycetes. Baltimore, p.364
7. **BERTRAND C., LIZOT J. F. et MAZOLLIER C., 2001-** Lutter contre les nématodes à galles en agriculture biologique. GRAB (Groupe de recherche en agriculture biologique), p.4
8. **BOUKHIRANE R., 2015-** Variation des champignons parasites et prédateurs des nématodes à galles *Meloidogyne spp* (nematoda, Meloidogynidae) sur cultures maraichères en variation de quelques paramètres. Mémoire de master en pytoprotection durable, p.69
9. **BUYCK B., 1986-** Première contribution à un inventaire des champignons nématophages en Belgique. *Mycologia Belgica*, n°9, p.p. 27-36.
10. **CALVET R., 2003-** Le sol propriétés et fonction. Tome 2 phénomènes physiques et chimiques applications agronomiques et environnementales. Editions France Agricole, p.471.

Références bibliographiques

11. **CANDY J., 2006-** Effet de la durée de compétition des mauvaises herbes sur la culture du poivron (*Capsicum annum*). Mémoire de l'ingénierie agronomique production agricole et transformation des denrées, p.57.
12. **CASTAGNONE-SERENO P. et DJIAN-CAPORALINO C., 2011-** Lutte contre les nématodes à galles en cultures maraîchères : des recherches pour promouvoir la durabilité des résistances variétales. Innovations Agronomiques 15, p.p 55-64.
13. **DE GUIRAN G. et NETSCHER C., 1970-** Les nematodes du genre melozdogya'e, parasites de cultures tropicales. Cah.ORSTOM, sér. Biol., n°11, p35.
14. **DE WAELE D. et ROMULO G. D., 1998-** Nématodes à galle des bananiers et plantains. Parasites et ravageurs des Musa : fiche technique n° 3. Réseau international pour l'amélioration de la banane et de la banane plantain, Parc Scientifique Agropolis II, 34397 Montpellier Cedex 5, France, p.4
15. **DENIS B., 2000-** Guide des analyses en pédologies. 2^{ème} édition revue et augmentée, INRA, paris, p.255.
16. **DJIAN-CAPORALINO C., 2009-** Les plantes pièges et la lutte contre nématodes à galles. Jardin, environnement et santé 11 colloque scientifique de la SNHF, p.6
17. **DJIAN-CAPORALINO C., VEDIE H. et ARRUFAT A., 2009-** Gestion des nématodes a galles : lutte conventionnelle et luttés alternatives. L'atout des plantes pièges. PHYTOMA, p.18.
18. **FERRIERE M., 2007-** Les cultures des tomates, aubergines, poivrons. Le club de jardinage d'Ans. Résumé de conférence, p.3
19. **FODIL A., 2013-** Evaluation de l'état d'infestation de la tomate par des Meloidogyne (nematoda-meloidogynidae) dans la wilaya de Boumerdes relation meloidogyne-communauté de nématode. Mémoire d'ingénierie d'état en protection des végétaux, p.62.
20. **JAMES B., ATCHA-AHOWE C., GODONOU I., BAIMEY H., GOERGEN G., SIKIROU R. et TOKO M., 2010-** Gestion intégrée des nuisibles en production maraichère : Guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest. Institut

Références bibliographiques

internationale d'agriculture tropicale (IITA), PMB 5320, Ibadan, Etat d'Oyo, Nigeria, p.105.

21. KAMBALE V.C., 2006- Etude du comportement physiologique et agronomique de la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en réponse à un stress hydrique précoce. Thèse de Doctorat en science agronomiques et ingénierie biologique, p. 185.

22. KHAOUA F., LAGGOUN N., 2009- Comportement variétal de la culture de Poivron (*Capsicum annun* L) vis-à-vis des ravageurs dans la zone de Débila (Souf). Mémoire de l'ingénierie d'état en protection des végétaux, p.146.

23. KOUNBOBR R. D., 1998- Influence du sol sur l'infestation de *Meloidogyne javanica* (Treub,1885) Chitwood,1949 (Nematoda) par l'actinomycète parasitoïde *Pasteuria penetrans* (Thorne, 1940).Thèse de Doctorat en Biologie Animale. Faculté des Sciences et Techniques (Sénégal), p.139

24. KRID K. et MESSATI S., 2013- Efficacité de la résistance de six variétés de la tomate à *Tuta absoluta* sous abris plastique à l'ITDAS de Hassi Ben Abdellah (Ouargla). Mémoire de master académique en sciences agronomiques, p.63

25. MAMADOU T.,1998- Ecologie de l'infestation de *Meloidogyne javanica* (treub, 1885), chitwood, 1949 (nematoda) par l'actinomycete parasitoïde *pasteuria penetrans*. Thèse de Doctorat en Biologie Animale. Faculté des Sciences et Techniques. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, p.135.

26. NISEN A., GRAFIADELLIS M., JIMENEZ R., LA MALFA G., MARTINEZ-GARCIA P.F., MONTEIRO A., VERLODT H., DE VILLELE O., VON ZABELTITZ C.H., DENIS I.C. et BAUDOIN W.O., 1988- Cultures protégées en climat méditerranéen. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture Rome, p.317

27. NOOMENE H., 2011- Etude de la salinité des sols par la méthode de détection électromagnétique dans le périmètre de Kalacat Landelous en Tunisie : cas de parcelle de courge. Mémoire de master de recherche environnement, aménagement et risque, p. 92.

Références bibliographiques

- 28. POLESE J.M., 2007-** La culture des tomates. Editions Artémis pour la présente édition Losange, p.92.
- 29. REBOUH D., 2014-** L'étude de l'infestation des différentes cultures maraichères par les nématodes à galles *Meloidogyne* (Nematoda, Meloidogynidae). Evaluation de la mycoflore prédatrice et parasite. Mémoire de master en phytopharmacie appliquée, p.45.
- 30. SELAMI S., LOUNICI M., EDDOUD A. et BENSEGHIR H., 1999-** Distribution et plantes hôtes associées aux *Meloidogyne* sous abris plastiques en Algérie. *Nemato. medit.* 27, p.p 295-301.
- 31. SHANKARA N., JOEP VAN LIDT D. J., MARJA D. G., MARTIN H. et VAN DAM B., 2005-** La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, p.105.
- 32. TOUFOUTI Z.H., 2013-** Contribution à l'étude des maladies bactériennes de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivée en serres dans l'Est Algérien. Mémoire de Magister en Biologie Appliquée, p.66.