

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



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master II

En Sciences de la Nature et de la Vie

Option : Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Thème

**Prospection sur l'infestation des cultures maraichères par
les *Meloidogyne* (Nematoda ,Meloidogynidae) et leurs
ennemis naturels .**

Présenté et soutenu publiquement par :

M^{elle} AISSAOUI Manel M^{elle} HOCEINENour El Houda

Le 15/09/2020

Membres du jury :

Présidente	Mme OUANIGHI H .	M.A.A.	U.S.D.B.1
Promotrice	Mme SABRI K.	M.A.A.	U.S.D.B.1
Examinatrice	Mme NEBIH D.	M.C.B.	U.S.D.B.1

Année universitaire : 2019/2020 - Blida -

Remerciement

Au terme de ce mémoire nous tenons à remercier tout en premier ALLAH le tout puissant qui nous a donné la force, le courage et la patience de bien mener ce travail.

Nous remercions de tout cœur notre promotrice Mme SABRI K enseignante à l'université de Blida pour la confiance qu'elle nous a témoignée en acceptant de diriger ce travail, pour les conseils et directives qu'elle nous a donné pour une meilleure maîtrise du sujet.

Nous tenons aussi à exprimer notre gratitude à Mme OUANIGHI H. et Mme NEBIH D. qui ont accepté de juger ce modeste travail , à tous ceux qui nous ont encadré, aidé, conseillé et même supporté ; surtout Mme Amina technicienne de laboratoire, à toute la promotion de phytopharmacie et les enseignants du département de biotechnologie.

Dédicace

Nous dédions ce mémoire à tous ceux qui nous sont les plus chers, les réels soutiens qui nous ont motivé et encouragé pour percer. Merci infiniment à tous.

La famille Aïssaoui : Un grand Merci à mes chers parents qui m'ont appris à rêver et à travailler dur pour réaliser mes ambitions (que Dieu vous garde à mes côtés à tout jamais), ainsi qu'à mes frères Maroua et Fouad que j'aime tant, mes deux grand-mères Rokia et Aïda qui m'ont donné la plus grande tendresse qui puisse exister au monde ainsi qu'à mon cher grand père Brahim. Je remercie la famille Baba, mes tantes paternelles et maternelles et tous mes cousins. Un grand merci à mon fiancé, l'homme de ma vie Farouk et toute ma belle famille que j'estime et respecte tant. Sans oublier celles qui ont été présentes durant tout le long parcours avec qui les beaux et mauvais jours sont passés en toute amitié et sympathie, mes chères copines : Maria, Samia, Khaoula, Hiba, Nour El Houda, Sihem et Ikram.

Dédicace

Nous dédions ce mémoire à toute La famille Hoceïne : je serai à tout jamais reconnaissante à ceux qui m'ont appris à voler et m'ont incité à déployer mes ailes sans crainte, mes parents qui m'ont offert la vie et le bonheur et surtout la prospérité, vous êtes ma plus grande fierté et j'espère un jour vous rendre très fières ainsi que mon défunt grand père (qu'il repose en paix) qui restera gravé dans mon cœur pour toujours, ma chère grand-mère Fatima El Zahra , mon frère Abderrahim et mes chères Sœurs Raghed, Hadil, Sarah et son époux Sid Ahmed , Yasmine et son époux Samir et mon neveu Racim, je remercie tant ma confidente, ma chère tante Samira ainsi que toutes mes autres tantes paternelles et maternelles. La vie est un parcours aussi long ou court soit-il (Dieu seul le sait) qui est rempli de personnes qui nous marquent et qu'on souhaite garder auprès de nous à tous jamais , pour ma part j'ai choisi Menad mon fiancé pour faire face à la vie pour le meilleur et pour le pire. Je remercie ma belle famille et je souhaite que nos jours prochains soient aussi beaux que ceux que j'ai passé au sein de ma propre famille, ainsi que mes amies avec lesquelles j'ai passé d'agréables moments, celles qui ont toujours été présentes à mes rires et pleurs : Camélia, Daouia , Meriem, Manar, Manel, Assala,.

Nour

Résumé :

Prospection sur l'infestation des cultures maraichères par les *Meloidogyne* (*Nematoda*, *Meloidogynidae*) et leurs ennemis naturels .

L'objectif de cette étude est basé sur la diversité des champignons parasites et prédateurs des nématodes à galles (*Meloidogynesp*) à travers une prospection sur la culture de la tomate .

Pour l'étude de la variance de la *mycoflore* parasites et prédateurs des nématodes à galles , nous avons choisis la région de Fouka Marine (Wilaya de Tipaza), cette dernière présente un sol sablo-limoneux. L' échantillonnage est fait sur deux profondeurs (10cm et 20cm), nous avons pu répertorier 02 genres de champignons nématophages (prédateurs et parasites) : *Arthrobotrys* avec une fréquence de 50% à 10cm et 100% à 20cm suivit par le *Stylopage* 75% et 50% respectivement.

Mots clés : *Meloidogynesp*, champignons nématophages, *Arthrobotrys*, *Stylopage*, tomate.

Abstract:

Prospecting on the infestation of vegetable crops by *Meloidogyne*(Nematoda, *Meloidogynidae*) and their natural enemies

The objective of this study is based on the diversity of parasitic and predators fungi of root-knot nematode (*Meloidogynesp*) through a survey on tomato cultivation.

For the study of the variance of parasitic and predators mycoflora of root-knot nemmatode, we choosed the region of FoukaMarine(Wilaya of Tipaza), which has a sandy loam soil. Sampling is done on two depths (10cm and 20cm), we were able to identify 02 genera of nematophagous fungi (predators and parasits) : *Arthrobotrys* with a frequency of 50% at 10cm and 100% at 20cm followed by *Stylopage* 75% and 50% resepectively.

Keywords :*Meloidogynesp*, nematophagousfungi , *Arthrobotrys*, *Stylopage*, tomato.

ملخص:

التنقيب عن غزو محاصيل الخضر بالديدان الخيطية من نوع *Meloidogyne* وأعدائها الطبيعية.

الهدف من هذه الدراسة يعتمد على تنوع الفطريات الطفيلية والمفترسة للديدان الخيطية تعقد الجذور (*Meloidogyne*) من خلال مسح زراعة الطماطم.

لدراسة تباين الفطريات الطفيلية والمفترسة للديدان الخيطية من نوع (*Meloidogyne*) تعقد الجذور ، اخترنا منطقة فوكة البحرية (ولاية تيبازة) ، ذات التربة الرملية الطميية . يتم أخذ العينات على عمقين (10 سم و 20 سم) ، وتمكنا من تحديد نوعين من الفطريات المفترسة والطفيلية :

Arthrobotrys مع تردد 50% عند 10 سم و 100% عند 20 سم تليها *Stylopaga* بنسبة 50% و 75% على التوالي.

الكلمات المفتاحية: *Meloidogyne* : فطريات مفترسة و طفيلية ، *Arthrobotrys* ، *Stylopaga* ، طماطم.

Sommaire

Remerciement	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Résumé	
Summary	
ملخص	
Introduction - - - - -	-01
Première partie : Analyse bibliographique	
Chapitre I : Données bibliographiques sur le genre <i>Meloidogyne</i>	
I.1- Généralité sur les <i>Meloidogyne</i> - - - - -	02
I.2- classification systématique- - - - -	-02
I.3- caractères morphologiques - - - - -	-03
I.3.1- Le juvénile de deuxième stade (J2)- - - - -	-03
I.3.2- le mâle - - - - -	04
I.3.3 la femelle - - - - -	-04
I.4 Cycle biologique - - - - -	-05
I.5 Symptômes, dégâts et seuil de nuisibilité des <i>Meloidogynes</i> - - - - -	-06
I.6. Les facteurs de développement des <i>Meloidogynes</i> - - - - -	-07
I.6.1 Facteurs abiotiques - - - - -	07
I.6.1.1 L'eau - - - - -	-07
I.6.1.2 La température - - - - -	07
I.6.1.3 L'air - - - - -	07
I.6.1.4 PH - - - - -	07
I.6.1.5 Le sol - - - - -	08
I.6.2 Facteurs biotiques- - - - -	-08
I.6.2.1 Matière organique- - - - -	08
I.6.2.2 Exsudats racinaires- - - - -	08

I.6.2.3 Organismes du sol- - - - -	09
I.7. Méthodes de lutte contre le <i>Meloidogyne</i> - - - - -	09
I.7.1 méthodes culturales - - - - -	09
I.7.2 Méthodes physiques- - - - -	10
I.7.2.1 la désinfection par la vapeur- - - - -	10
I.7.2.2 la solarisation- - - - -	10
I.7.3 Méthodes chimiques- - - - -	10
I.7.4 Méthodes génétiques- - - - -	11
I.7.5 Méthodes biologiques- - - - -	11
I.7.5.1 les microorganismes- - - - -	11
I.7.5.2 Les plantes nématocides- - - - -	12
I.7.5.3 Les huiles essentielles- - - - -	12

Chapitre II : généralités sur la plante hôte : (Tomate)

II.1 Historiques et origines- - - - -	13
II.2. Classification systématique - - - - -	14
II.3 Description botanique - - - - -	14
II.3.1 Les graines- - - - -	14
II.3.2 Le système racinaire- - - - -	14
II.3.3 La tige- - - - -	15
II.3.4 Le feuillage- - - - -	15
II.3.5 Les fleurs- - - - -	15
II.3.6 Le fruit- - - - -	15
II.4 Les exigences édapho-climatiques de la tomate- - - - -	15
II.4.1. Lesexigences climatiques- - - - -	15
II.4.1.1 La température de l'air- - - - -	15
II.4.1.2 La lumière- - - - -	16
II.4.1.3 L'humidité de l'air- - - - -	16
II.4.2 Les exigences édaphiques- - - - -	16
II.4.2.1 La nature du sol- - - - -	16
II.4.2.2 Le PH du sol- - - - -	16
II.4.2.3 L'humidité du sol- - - - -	16
II.4.2.4 La température du sol- - - - -	17

II.4.2.5 La matière organique-	17
II.5 Importance économique de la tomate-	17
II.5.1 Dans le monde-	17
II.5.2 En Algérie-	17
II.6 Importance médicinale de la tomate-	17
II.7 Maladies et ravageurs de la tomate-	18
II.7.1 Maladies-	18
II.7.1.1 Maladies fongiques-	18
II.7.1.2 Maladies bactériennes-	19
II.7.2 Ravageurs-	19

Chapitre III : champignons nématophages

III.1 Champignons antagonistes des nématodes-	20
III.2 Modes de pénétration des champignons-	21
III.3 L'utilisation des champignons nématophages dans la lutte biologique-	21

Deuxième partie : Expérimentation

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1 Objectif du travail-	22
I.2 Présentation de la zone d'étude-	22
I.2.1 Choix de la station d'étude-	22
I.2.2 Situation géographique de la région d'étude (Fouka Marine-	22
I.3 Matériel de travail-	24
I.3.1. Sur terrain -	24
I.3.2 Au laboratoire -	24
I.4 Le questionnaire-	25
I.5 Méthodes-	25
I.5.1 Techniques d'échantillonnage-	25
I.5.2 préparation du milieu de culture PDA (PotatoDextrose Agar-	25
I.5.3 préparation des boites de Pétri et isolement des différentes espèces de champignons	

à partir du sol - - - - -	-26
I.5.4 conditions d'incubation- - - - -	-26
I.5.5 Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites- - - - -	-26

Chapitre II : Résultats et discussions

II.1.Importance du questionnaire- - - - -	-29
II.2. Espèces de champignons nématophages prédateurs et parasites répertoriées- - - - -	29
II.3. Classification des champignons- - - - -	29
II.4. Présentation fréquentielle des différentes espèces de champignons nématophages (prédateurs et parasites) à différentes profondeurs - - - - -	-31
II.5 Etude de la fréquence des champignons nématophages - - - - -	31
II.6 comparaison - - - - -	32
II.7 Discussion - - - - -	35
Conclusion- - - - -	37

Références bibliographiques

Liste de figures

Fig.n°01 : Juvéniles du 2ème stade d'un *Meloidogyne* à la loupe binoculaire

Fig.n°02 : Morphologie des *Meloidogynespp*

Fig.n°03 : Cycle de développement des nématodes à galles, *Meloidogynespp*

Fig.n°04 : Dégâts sur racines de tomate, carottes, concombre, laitue, tomate en serre et melons en plein champs

Fig.n°05 : Feuilles et fruits des plants de tomate

Fig.n°06 : Situation géographique de la station d'étude à Fouka Marine Wilaya de Tipaza

Fig.n°07 : Différentes étape d'échantillonnage

Fig.n°08 : Différentes étapes de la préparation du milieu de culture

Fig.n°09 : Différents genres de champignons prédateurs et parasites

Fig.n°10 : Fréquence de champignons nématophages, station de FoukaMarine (10cm)

Fig.n°11 : Fréquence de champignons nématophages, station de Fouka Marine (20cm)

Fig.n°12 : Fréquence comparative de champignons nématophages de la station Marine (à l'intérieur de la serre de tomate prospectée / 0-20cm)

Fig.n°13 : Comparaison des différentes fréquences des champignons nématophagesde la région de Douaouda et la région de Fouka

Liste des tableaux :

Tableau n°01: les principales maladies Fongiques de la tomate

Tableau n°02: les principales maladies Bactériennes de la tomate

Tableau n°03: les principaux ravageurs de la tomate

Liste des abréviations

%	: pourcent.
°C	: Degré Celsius.
Fig	: figure.
µm	: micromètre.
Mm	: millimètre.
cm	: centimètre.
km	: kilomètre.
EAI	: Exploitation Agricole Individuelle.
Kg	: kilogramme.
G	: gramme.
L	: litre.
ml	: millilitre.
min	: minute.
n°	: numéro.
PDA	: potato dextrose agar.
PH	: potentiel hydrogène.
INRA	: Institut National de la Recherche Agronomique.
FAO-STAT	: Food and Agriculture Organization of the United Nations .
J2	: juvénile du 2 ème stade.
M. arenaria	: Meloidogyne arenaria.
M. halpa	: Meloidogynehalpa.
M. incognita	: Meloidogyne incognita.
M. javanica	: Meloidogynejavanica.
F. solani	: FusariumSolani.

INTRODUCTION

Introduction générale :

Les cultures maraichères occupent la deuxième place après les céréales dans la consommation quotidienne des algériens (EL KEBIRI, 1993). En Algérie, la tomate a pris une place importante dans l'économie du pays. Elle est considérée comme une espèce prioritaire après la pomme de terre et l'oignon (SNOUSSI, 2010 ; FAO, 2011).

Cette culture est sujette à l'attaque de nombreux ravageurs et maladies, parmi lesquels on trouve les nématodes à galles (*Meloidogynessp*), dont le danger demeure connu à l'échelle mondiale. Le genre *Meloidogyne* a été signalé pour la première fois en Algérie en 1928 sur les cultures maraichères de plein champs et sous serres (LAMBERTIet *al.*, 1975). Ce sont des parasites qui entravent et limitent la production de la culture de la tomate sur les sols légers (PATELet *al.*, 1993), et ils peuvent occasionner des pertes de rendement allant jusqu'à 45% (SASSER, 1978). En Algérie, ils présentent une menace assez sérieuse sur cultures maraichères (SELLAMIet *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 (CASTAGNONE-SERENO, 2011).

Afin d'assurer une protection efficace de la production agricole d'une part et de contribuer à une gestion durable de l'agro écosystème d'autre part, plusieurs approches se sont focalisées sur le développement de méthodes de lutte biologique. Cette méthode consiste en l'utilisation des organismes vivant ou l'un de ses dérivés comme produits de bio contrôle (ADAM, 2008).

En Algérie HAMMACHE, 1994 et SABRI, 2008 ont réalisé un inventaire des espèces de champignons parasites et prédateurs comme résultats préliminaires pour la lutte biologique.

La première partie de notre étude a pour objet de faire une prospection dans une EAI (Exploitation Agricole Individuelle) visitée afin de faire un constat sur l'état des serres, le type du sol, le nombre de serres...

La partie suivante est consacrée à inventorier les champignons prédateurs et parasites des nématodes à galles(*Meloidogynesp*) présents dans le sol.

**Chapitre I : Données bibliographiques sur
le genre *Meloidogyne***

Chapitre I : Données bibliographiques sur le genre *Meloidogyne*

I.1 Généralité sur les *Meloidogyne* :

Les problèmes phytosanitaires causés par les nématodes phytoparasites ont une incidence économique très importante à l'échelle mondiale. Ils sont classés en troisième position en ce qui concerne les pertes dues aux maladies (WHITEHEAD, 1998).

La conduite intensive des cultures maraichères favorise le développement des nématodes et plus particulièrement les nématodes à galles. (DEGUIRAN , 1971).

Les nématodes à galles entraînent sur les racines des plantes attaquées, la formation de renflements qui diffèrent de taille selon l'espèce végétale concernée, mais qu'on peut facilement distinguer par rapport aux nodosités (LORRAIN, 1998).

Les *Meloidogyne*, nématodes à galles, ou nématode des racines noueuses sont des endoparasites sédentaires obligatoires des plantes vasculaires. Ce sont les espèces les plus répandues dans le monde principalement dans les zones tropicales, subtropicales et chaudes (TAYLOR et SASSER, 1978).

Ils constituent aussi l'un des principaux problèmes pour les cultures protégées aux pays Méditerranéens où les conditions climatiques favorisent leur développement (GIANNAKOU, 2007).

En Algérie, la présence de ce nématode a été signalée pour la première fois par Delassus en 1928 dans les zones maraichères de la Mitidja (In, SCOTTO la MASSESE ,1962). Il est toujours considéré comme les plus redoutables sur ces cultures, il est présent dans la quasi-totalité des parcelles des zones maraichères du pays et constitue une menace redoutable sur ces cultures (SELLAMI et al.1999).

Le genre *Meloidogyne* se subdivise en de nombreuses espèces, toutes phytophages, dont les plus répandues sont : *M. Incognita*, *M. Arenaria*, *M. Halpaet* *M. Javanica*

(BERTRAND et al.,2001).

I .2 classification systématique :

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

Règne : Animal

Embranchement : Nematelminthes

Classe : Nematoda

Sous-classe : Secernetea

Ordre : Tylenchida

Super-famille : Tylenchoidea

Famille : Meloidogynidae

Sous-famille : Meloidogynae

Genre : *Meloidogyne*.

I.3 Caractères morphologiques :

I.3.1 Le juvénile de deuxième stade (J2) :

Il est mince et vermiforme et représente le stade infestant. Il mesure environ 400 μm de long et 15 μm de large. Il a un stylet et un squelette céphalique faiblement scléreux. La queue est conique, d'une longueur comprise entre 45 et 59 μm selon l'espèce (JEPSON, 1987) .(fig n°01) .



Fig^o01 : Morphologie des juvéniles du 2^{ème} stade d'un *Meloidogyne* (INRA, 2009).

I.3.2 Le mâle :

Le mâle est vermiforme et mesure 1 à 2 mm de long et 30 μm de large. Son stylet est robuste et de longueur variable selon les espèces. La queue est courte et hémisphérique. Comme chez tous les tylenchides, l'appareil reproducteur se présente en une gonade tubulaire qui comprend :

- Une branche génitale ou testicule, divisée en une zone germinale et une zone de croissance.
- Une vésicule séminale.
- Un canal différent glandulaire (THORNE, 1961).

I.3.3 La femelle :

Les femelles sédentaires des *Meloidogyne*, sont piriformes, de couleur blanche, et mesurant environ 0.40 à 1.30mm de long et 0.27 à 0.75mm de large. Chaque femelle pond environ 500 œufs dans une substance gélatineuse (AGRIOS, 2005).(Fig n°02).

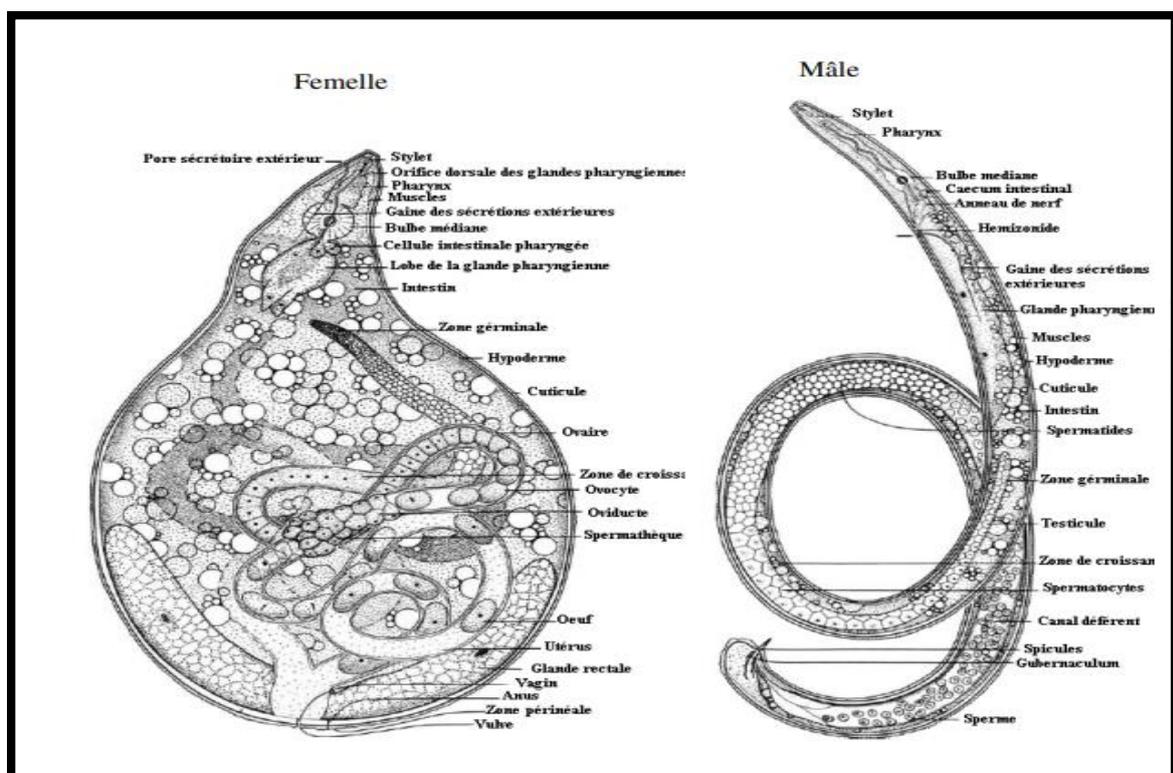


Fig n°02 : Morphologie des *Meloidogyne* sp.

D'après EISENBACK et TRIANTAPHYLLOU (1991).

I.4 Cycle biologique :

Selon RITTER (1971) ; DEGUIRAN (1979) les *Meloidogyne* déposent leurs œufs dans une masse gélatineuse qui les protègent, et les larves sortent tout de suite, sauf en cas de diapause pour gagner une nouvelle racine ou bien se développer sur place. Les larves libérées sont déjà parvenues au 2^{ème} stade car la 1^{ère} mue s'étant opérée dans l'œuf.

Les larves qui éclosent sont très actives. Elles se faufilent dans la terre à la recherche de jeunes radicelles et pénètre immédiatement dans les tissus racinaires où elles achèvent leur développement en passant par quatre mues jusqu'au stade adulte (STRLINGet WATCHEL, 1985). Les galls formées sont de différentes tailles et formes (INGHAM, 1990 ; ECHEVERRIA et CHAVES, 1998).

Le déterminisme sexuel dépend largement des conditions du milieu. Lorsque elles sont défavorables, les juvéniles se développent préférentiellement en (mâles. Tel est le cas présence de fortes infestations racinaires (NETSCHER, 1970). TYLER (NETSCHER, 1970) observe que le déterminisme sexuel dépend de l'âge de la population.

Les mâles quittent alors les racines et retournent dans le sol, tandis que les femelles deviennent globuleuses et restent fixées (TAYLOR, 1968). Il faut noter que les œufs n'éclosent pas tous immédiatement. Un certain nombre n'écloît que plusieurs mois après la ponte (DEGUIRAN, 1983).(Fig n°03) .

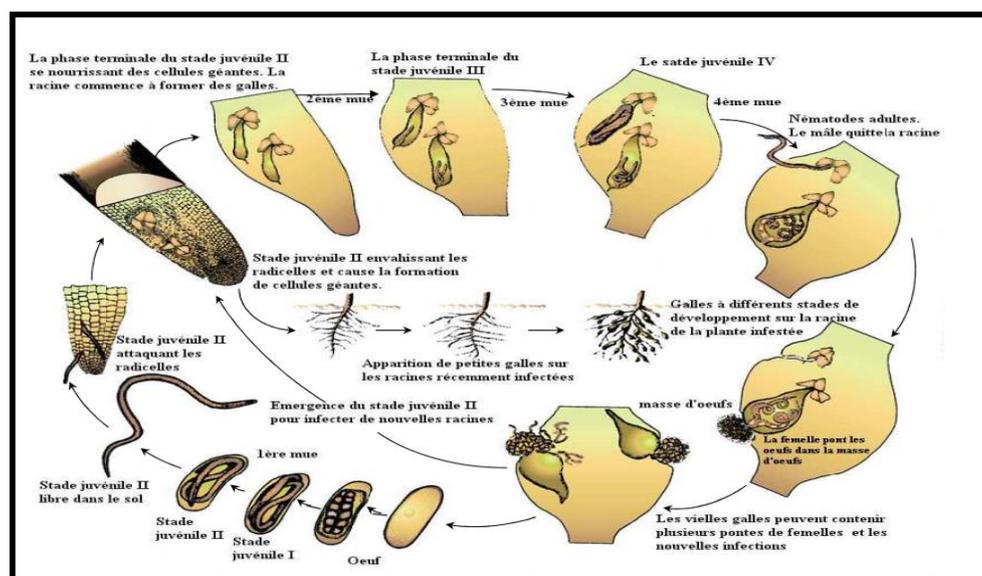


Fig n°03 : Cycle de développement des nématodes à galle, *Meloidogyne* sp (AGRIOS, 2005).

I.5 Symptômes, dégâts et seuil de nuisibilité des *Meloidogyne* :

L'examen de l'aspect externe du végétal ne permet pas de faire un diagnostic exact d'une maladie due à un nématode. De ce fait, une analyse nématologique est obligatoire. Les symptômes souterrains et aériens sur la plante peuvent être ainsi décrits :

- **Sur la partie souterraine** : les symptômes caractéristiques de la présence des *Meloidogyne* sont le développement des galles sur les racines infestées. Cette altération morphologique de la racine est nocive pour la plante. Elle provoque une perturbation du métabolisme de l'absorption des nutriments et une augmentation du prélèvement des produits de la photosynthèse (MELAKBERHAN, 2006) ainsi qu'une inhibition de la croissance des radicelles et un dysfonctionnement du système vasculaire de la plante infectée (REGNAULT – ROGER *et al.*, 2005).
- **Sur la partie aérienne** : Les racines infestées limitent le transport des nutriments vers le reste de la plante qui flétrissent rapidement et montrent des signes de carence en cas de forte infestation, et ne répondent pas normalement à la fertilisation. - Un retard de croissance de l'hôte et une réduction significative de la taille et de la vigueur des plants, sont aussi des signes d'infestation des plantes par les *Meloidogyne* (SIDDIQUI *et al.*, 2002).

Le «seuil de nuisibilité» ou «limite de tolérance» de la plante est d'environ 100 à 1000 individus par Kg de sol (DEGUIRAN, 1983). (Fig n°04).



Fig n°04 : Dégâts sur racines de tomate, carottes, concombre, laitue, tomate en serre et melons en plein champs. (INRA, 2009)

I.6. Les facteurs de développement des Meloidogyne :

I.6.1. Facteurs abiotiques :

I.6.1.1. L'eau :

Les variations de la teneur en eau d'un sol ont une répercussion considérable sur la nématofaune (CAYROL, 1971),ainsi un excès d'eau peut gêner les mouvements des nématodes. L'eau est l'un des facteurs de propagation des *Meloidogyne* (PROT et MATIAS, 1995).

I.6.1.2. La température :

La température a un effet considérable sur l'activité des *Meloidogyne*, sur l'éclosion, la reproduction, le mouvement et sur le cycle de développement. Un bon développement est observé à 25° C, les basses et les hautes températures (5° C et 40° C) inhibent leur activité (CAYROL, 1971 ; DE GUIRAN ,1983 ; TALAVERA et *al.*, 1999).

RITTER (1973) rapporte que l'optimum d'éclosion chez *Meloidogynejavanica* est de 30° C, 25° C joue un rôle dans la mobilité et de 15 à 25° C pour l'invasion.

I.6.1.3. L'air :

FLEDMESSER et FEDER (1954), étudiant l'influence de la concentration en oxygène sur divers nématodes, constatent qu'elle varie selon les espèces, certains ont besoin d'une forte oxygénation, alors que d'autres supportent des conditions d'anaérobiose. (VAN GUNDY et *al.*, 1967), montrent que un taux réduit d'oxygène cause une forme de quiescence qui prolonge la vie des larves des *Meloidogyne*.

I.6.1.4. 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 et 8. En effet, le pH à 4,1 agit faiblement sur la fécondité des œufs et agit sévèrement lorsqu'il est entre 6 et 7(VOLCY, 1993).

I.6.1.5. Le sol :

Quel que soit le groupe et leur parasitisme, les nématodes vivent en contact étroit avec le sol (VALLOTON, 1983).

la texture du sol influe directement sur les déplacements et les mouvements des *Meloidogyne* qui fréquentent les couches arables surtout les horizons superficiels (RITTER, 1985). La texture argileuse du sol a un effet inhibiteur sur le développement de *Meloidogyne incognita* (DE GUIRAN, 1979).

BROWN et SWAIN (1974 cité par BACHELIER, 1978) ont montré que la structure, par l'instabilité des agrégats du sol peut devenir un facteur limitant dans la distribution des nématodes en déterminant une forte compacité des sols et un manque d'aération.

I.6.2. Facteurs biotiques :**I.6.2.1. Matière organique :**

Lors de sa décomposition, la matière organique libère des produits toxiques tels que l'acide butyrique entraînant une diminution de la population de nématodes (DE GUIRAN, 1971).

I.6.2.2. L'action de la plante :

D'après DE GUIRAN et NETSCHER (1970), deux théories s'affrontent pour expliquer le phénomène de cette attraction. Le premier dit que les nématodes ne subissent pas d'attraction mais se déplacent au hasard dans le sol, le stimulus d'origine racinaire ne faisant qu'à activer leur mouvement. Ils ont ainsi plus de chances de rencontrer une racine et, l'ayant rejointe, ils seraient maintenus dans son voisinage par un effet de rétention agissant à faible distance. Par contre la deuxième confirme qu'il s'agit d'une véritable attraction ; les nématodes orientent leur déplacement vers les racines sous l'effet d'un ou plusieurs stimuli, gradient de concentration des sécrétions racinaires par exemple.

Selon DOMMARGUES et MONGENOT,(1970), de nombreuses plantes, par l'intermédiaire de leurs exsudats exercent sur le nématode une attraction très nette.

I.6.2.3 Organismes du sol :

Les nématodes du sol peuvent être victimes de virus, de bactéries, champignons, de protozoaires (sporozoaires), de tardigrades, d'autres nématodes, d'enchytreides et de divers arthropodes, chilopodes, acariens et insectes, dont plusieurs collembolés, (CAYROL, 1971 in BACHELIER, 1978).

Les nématodes sont aussi la proie directe de nombreux champignons, dont une cinquantaine d'espèces sont bien connues à ce jour, (CAYROL, 1971 in BACHELIER, 1978).

I.7. Méthodes de lutte contre le *Meloidogyne* :

I.7.1 méthodes culturales :

Les méthodes culturales sont considérées comme les méthodes les plus anciennes. Elles présentent en effet certains avantages, elles sont faciles à réaliser et moins coûteuses

(MINAUD, 1972).

Les pratiques culturales englobent un ensemble des techniques, nous citons :

- La rotation culturale est l'une des méthodes les plus anciennes et les plus importantes pour la gestion des ravageurs. La rotation avec des cultures résistantes ou non-hôtes pour deux à trois ans permet généralement un excellent contrôle des nématodes à galles pour les maintenir sous le seuil de dommage (JOHNSON, 1982).
- L'irrigation pendant les périodes sèches peut aussi aider à réduire les populations de nématodes, sous réserve que les mauvaises herbes soient contrôlées efficacement (OVERMAN, 1964; RHOADES, 1982; JOHNSON et FASSULIOTIS, 1984).
- L'utilisation des variétés résistantes considérées comme méthode intéressante (HARTMAN, 1970 ; JONES et DUCK, 1980, BROWN et *al.*, 1991 cité par ROUSSELLE et *al.*, 1989).
- On doit éviter le transport du sol avec les outils, les bottes, etc. afin de ne pas répandre les nématodes. (DUVAN, 1991).

I.7.2 Méthodes physiques :

I.7.2.1 La désinfection par la vapeur :

Cette méthode a l'avantage de détruire, outre les nématodes, les semences des mauvaises herbes et certains champignons terricoles. De plus, le sol peut être mis en cultures rapidement après le traitement (HARRANGER, 1971 ; DUNN, 1999).

I.7.2.2 La solarisation :

La solarisation est un processus hydrothermal qui consiste à couvrir pendant un mois et demi le sol, saturé d'eau en été, par un plastique fin transparent, afin d'élever la température du sol, qui peut atteindre 50-55 °C à 5 cm de profondeur, et 40-42 °C à 20-25cm de profondeur. Ce processus désinfecte le sol des nématodes et des autres phytopathogènes (GUET, 1999). Cependant, cette solarisation change la microflore, qui peut engendrer des effets négatifs. Une autre méthode thermique pour désinfecter le sol est la vaporisation. Elle consiste à introduire de la vapeur d'eau dans le sol sous les bâches en plastique pour augmenter la température à un niveau létal pour les organismes nuisibles vivants dans le sol (BRAGA et *al.*, 2001).

I.7.3 Méthodes chimiques :

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** : les fumigants pénètrent la cuticule des nématodes et réagissent avec les groupements sulfidrils des enzymes et des peptides essentiels. Leur toxicité rapide envers les nématodes est surtout due à leur action sur les enzymes de la chaîne respiratoire (WRIGHT, 1981). A cause de leur phytotoxicité, les fumigants doivent être appliqué 2 à 4 semaines avant la plantation.
- **les non-fumigants** : les nématicides non-fumigants sont tous des inhibiteurs puissants du cholinestérase. Aux doses appliquées au champ, ils ne tuent pas directement les nématodes, mais agissent en endommageant l'activité neuromusculaire, en interférant avec le mouvement et probablement avec l'éclosion des œufs et l'alimentation des larves (HAGUES,1975).

I.7.4 Méthodes génétiques :

Enfin, la méthode de lutte par l'utilisation de variétés résistantes est sans doute la plus prometteuse. Il existe de nombreuses sources de résistances aux nématodes au sein des populations végétales sauvages, qui peuvent être introgressées aux variétés sensibles. C'est le cas chez la tomate (*Solanumlycopersicum*) pour laquelle le gène de résistance Mi-1 a été introduit chez des variétés commerciales sensibles à partir d'une espèce sauvage de tomate (*Solanumpervuvianum*).

Ce gène de résistance confère une résistance aux trois principales espèces de nématodes phytoparasites du genre *Meloidogyne* (*M. Incognita*, *M. Arenaria* et *M. Javanica*). Cependant, le contournement de la résistance reste un facteur limitant à l'utilisation de la lutte génétique (BARBARY, 2014).

I.7.5 Méthodes biologiques:

Il existe plusieurs types de méthodes biologiques, utilisant soit des microorganismes (prédateurs de nématodes ; parasites des œufs et des larves), soit des plantes dites «nématicides » ou « plantes pièges ».

I.7.5.1 les microorganismes :

a) les champignons prédateurs :

Des différents types des champignons utilisés en lutte contre les nématodes phytoparasites ont été décrits telles que : Les champignons prédateurs comme *Arthrobotrysirregularis*, un hyphomycète qui est capable de piéger rapidement les juvéniles de nématodes à galles (CAYROL, 1981) hautement spécifique, non seulement pour certains genres de nématodes (STARREt SAYRE, 1988).

b) 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 intra-racinaires des nématodes mais l'efficacité de cette méthode n'est pas réellement prouvée (DJIAN-CAPORALINOetal., 2009).

c) Les bactéries parasites :

Ils existent aussi des bactéries antagonistes des nématodes, par exemple, *Pasteuriaspun* bactérie à endospores. *Pasteuriaspp.* sont des agents pathogènes de plusieurs genres des nématodes phytoparasites (BROWN *et al.*, 1985 ; SAYRE et STARR, 1985 ; STIRLING, 1985; STURHAN, 1988 ; BIRD et BRISBANE, 1988; GOWEN et AHMED, 1990 ; GOWEN et TZORTZAKAKIS, 1994).

d) Les nématodes prédateurs:

Parmi les nématodes prédateurs des *Meloidogyne*, nous citons: les Mononchidae, Doylaimidae et Diplogasteridae (TAYLOR et BROWN, 1997 ; KHAN et KIM, 2007). Ainsi, L'application au sol du nématode prédateur *Mononchoidesfortidens*, avant la mise en place de la culture de tomate réduit significativement les populations de *Meloidogynearenaria* et augmente la croissance végétative des plants de tomate (KHAN et KIM, 2005).

I.7.5.2 Les plantes nématicides :

Des nombreuses plantes, par exemple les tagetes, le ricin, la perdrix, le pois, les asperges et le sésame, possèdent des propriétés nématicides. Les tagetes sont les plantes les plus étudiées pour leur propriétés nématicides (MCSORLEY, 1999 ; PLOEG, 1999). Ces plantes peuvent aussi être utilisées comme un engrais vert qui va être enfoui avant la culture sensible. De même, l'extrait de ces plantes peuvent être appliqués dans le sol ou en traitant les plantules par ces extraits (DUVAL, 1993).

I.7.5.3 Les huiles essentielles :

Les huiles essentielles sont des produits complexes, volatiles et naturels, caractérisés par une odeur forte et sont formés par les plantes comme métabolites secondaires (BAKKALI *et al.*, 2008).

Actuellement, plusieurs travaux ont montré l'importance des huiles essentielles dans le domaine phytosanitaire comme dans la lutte contre les ennemis de cultures. Ainsi, en Algérie l'efficacité des huiles essentielles de *Salvia officinalis* (Lamiaceae), *Origanum glandulosum* (Lamiaceae) et *Artemisia herba alba* (Asteraceae) à l'égard de *Meloidogyne incognita* (SELLAMI *et al.*, 2009).

Chapitre II : Généralités sur la plante hôte : (Tomate)

Chapitre II : Généralités sur la plante hôte : (Tomate)

II.1 Historique et origine:

La tomate est originaire des Andes d'Amérique du Sud. Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe en 1544 au 16ème siècle via l'Espagne (GRASSELLEY *et al.*, 2000). Ce nom provient d'un nom Aztèque « ZITOMATE » où l'ont trouvé les Conquistadors Espagnols lors de la conquête de Tenochtitlan (Mexico) par HERNAN CORTES en 1519 (BOUTOUMOU et BOUMAZA, 2016). Sa culture s'est propagée en Asie du Sud et en Asie de l'Est, en Afrique et au Moyen Orient (SHANKARA *et al.*, 2005), par la suite, la tomate a été introduite dans d'autres régions d'Amérique du Nord (NAIKA *et al.*, 2005).

En 1905, la tomate est introduite en Algérie par les espagnols dans la région ouest (Oran) puis elle s'étendit vers le centre (LATIGUI, 1984).

Etymologiquement, le mot tomate est une déformation du mot inca *Tomaltet* le mot *Lycopersicum* qui signifie en latin "Pêche de loup", appellation peu alléchante à laquelle on a ajouté au XVIIIe siècle l'adjectif *esculentum* à cause des propriétés gustatives de ce légume fruit (NAIKA *et al.* 2005).(Figure n°05).



Fig n°05 : La fleur de la tomate. (ROTEM *et al.*, 1970).

II.2. Classification systématique :

CRONQUIST (1980), GAUSSMEN et al., (19820), rappellent que la tomate appartient à la classification suivante :

Règne : Plantae.

Sous règne : Prachenobionta.

Division : Magnoliophyta.

Classe : Magnoliopsida.

Sous-classe : Asteridae.

Ordre : Solonales.

Famille : Solanaceae.

Genre : *Lycopersicum*.

Espèce : *Lycopersicum Esculentum* Mill.

II.3 Description botanique :

La tomate est une plante maraichère, herbacée, annuelle et aromatique appartenant à la famille des Solanaceae. Sa taille varie entre 40 cm à plus de 5 mètres selon les variétés et le mode de culture (BERNARD et al., 2009).

II.3.1 Les graines :

Aplaties, petites de forme plus ou moins lenticulaire, grisâtres ou beiges et velues. Les graines correspondent aux semences microbiotiques c'est-à-dire ayant une longévité de quatre à cinq ans. Un gramme de graines comprend de 300 à 400 graines (TOUSSAINT et BAUDOINS, 2010). L'embryon est enroulé dans l'albumen (SHANKARA et al., 2005). Selon REY (1965), les semences peuvent garder leur faculté germinative pendant 4 à 5 ans dans les conditions normales.

II.3.2 Le système racinaire :

Il est très développé et pivotant avec de nombreuses racines, la plus part des racines se situent à une profondeur de 30 à 40 cm, dans le cas où le semis est effectué directement en

place, la racine centrale se développe relativement vite, elle peut atteindre une profondeur de 100 à 150 cm (KOLEV ,1976).

II.3.3 La tige :

Elle est anguleuse, épaisse aux entre-nœuds, pubescents, de consistance herbacée en début de croissance. (CHAUX et FOURY, 1994).

II.3.4 Le feuillage :

Les feuilles sont simples, composées, alternées, sans stipule, mesurant entre 15 et 50 cm de long et 10 et 30 cm de large, le pétiole mesure de 3 à 6 cm (SHANKARA *et al.*, 2005).

II.3.5 Les fleurs :

Les fleurs sont actinomorphes, autogames, de couleur jaune et réunies en inflorescences pentamères, sauf le gynécée qui possède entre 2 et 5 carpelles (ABBAYES *et al.*, 1963). L'ovaire supère est formé d'au moins deux carpelles soudés, orientés obliquement par rapport à l'axe médian de la fleur, et comprend de très nombreux ovules en placentation axile (JUDD *et al.*, 2002). Le calice est à pièces partiellement soudées et la corolle est gamopétale (ABBAYES *et al.*, 1963).

II.3.6 Le fruit :

Le fruit est une baie plus ou moins grosse, de forme variable (sphérique, oblongue, allongée), et de couleurs variées (blanches, rose, rouge, jaune, orange, verte, noire) selon les variétés (RENAUD, 2003).

II.4 Les exigences édapho-climatiques de la tomate :

II.4.1 Les exigences climatiques :

II.4.1.1 La température de l'air :

La tomate est une plante des saisons chaudes, elle est exigeante en chaleur pour assurer son cycle végétatif complet. Les températures optimales pour la plupart des variétés sont de 18°C le jour et 15 à 25°C la nuit. Pendant la nuit la fécondation s'arrête à des températures inférieures à 15°C. En dessous de 10°C et en dessus de 38°C, les tissus végétaux sont endommagés (NAIKA *et al.*, 2005)

II.4.1.2 La lumière :

La tomate nécessite une photo période long, elle peut fleurir avec des jours de durée inférieur à 12 heures mais la floraison est moins importante et la production du pollen est difficile. Un éclairage insuffisant provoque un étiolement des plantes, une perte de précocité et une baisse de rendement (REY, 1965).

II.4.1.3 L'humidité de l'air :

La tomate est très sensible à l'hygrométrie, il semble qu'une hygrométrie relativement ambiante de 60% à 65% soit la meilleure, l'humidité de l'air joue un rôle important dans la fécondation. Si l'humidité est trop élevée, le pollen est difficilement libéré. Par ailleurs, le développement des maladies cryptogamiques est lié à des fortes humidités accompagnées de la chaleur (LAUMONIER, 1979). Selon BENCHALAL(1983), l'humidité atmosphérique doit être de 76% lors de la germination, 75-80% durant l'élevage des plantes, 70-80% lors du développement des fruits.

II.4.2 Les exigences édaphiques :

II.4.2.1 La nature du 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 (BOUTOUMOU et BOUMZA, 2016). Elle préfère les sols profonds, meubles, bien aérés, bien drainés et riches en humus. Une texture sablonneuse ou sablo-limoneuse est préférable (HUAT, 2008).

II.4.2.2 Le pH du sol :

La tomate tolère des pH variant entre 4.5 et 8.2. Selon ZUANG (1982), un pH de 5,5 à 6,5 est le plus souhaitable pour toute la période de croissance.

II.4.2.3 L'humidité du sol :

La tomate est exigeante en humidité du sol. L'humidité optimale du sol pour des terres argilo-siliceuses est de 75 à 80% de la capacité au champ, et l'abaissement de l'humidité et de la température du sol crée un déficit hydrique, et par conséquent réduit la photosynthèse et la transpiration (HELLER, 1981).

II.4.2.4 La température du sol :

Les semis doivent être soumis à une température supérieure à 16 °C. La plante croît lorsque la température du sol passe de 13°C à 30°C (ZUANG, 1982).

II.4.2.5 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.5 Importance économique de la tomate :

II.5.1 Dans le monde :

La tomate occupe une place très importante dans l'agriculture mondiale. Elle est cultivée dans presque tous les pays du monde (DESMAS, 2005). La tomate est la troisième espèce cultivée au monde, après la pomme de terre et la patate douce, et le deuxième légume le plus consommé (DE BROGLIE et GUEROULT, 2005). Ce légume représente donc un enjeu économique, et est soumis à une concurrence importante. Cent cinquante millions de tonnes de tomates sont produites annuellement dans le monde (données FAO 2005) (PERON, 2006). Cette production se répartit sur tous les continents : 44% en Asie, 22,5% en Amérique, 21,5% en Europe, 12% en Afrique (GRASSELLY *et al.*, 2000). La France est le sixième producteur européen, derrière la Turquie, l'Italie, l'Espagne, la Grèce et le Portugal (données INTERFEL 2008).

II.5.2 En Algérie :

En Algérie : Le marché intérieur étant satisfait par la production locale, la tomate est l'une des productions maraichères les plus cultivées en Algérie. Selon FAO-STAT (2013), la production de tomate en Algérie est de 7,9 millions de tonnes en 2012 et elle est cultivée sur 23500 ha.

II.6 Importance médicinale de la tomate :

Dans les dernières décennies, la consommation de tomate a été associée à la prévention de plusieurs maladies comme le cancer ou les maladies cardiovasculaires (SHARONI et LEVI, 2006).

II.7 Maladies et ravageurs de la tomate :

Tableau n°01 : les principales maladies et ravageurs de la tomate

II.7.1 Maladies : les principales maladies fongiques de la tomate

II.7.1.1 Maladies fongiques :

Maladies	Symptômes	Agent causal	Auteurs
Mildiou	-Légères tâches foncées avec un point jaune en leur centre sont visibles sur les feuilles ayant parfois un développement centrifuge et centripète. - Sur la face inférieure des feuilles les tâches sont blanches. - Les fruits se couvrent de tâches brunes et les feuilles flétrissent	<i>Phytophthora infestans</i>	(CAUSSE et al, 2000 ; NAIKA et al., 2005).
Oïdium	-l'apparition de taches jaunes sur la face supérieure des feuilles et un duvet blanc à la face inférieure -les feuilles se dessèchent et tombe	<i>Leveillulatauraica</i>	(RYCKMANS, 2008)
Alternariose	-Tâches rondes et brunes avec des cercles concentriques apparaissant sur les feuilles avec un diamètre de 1,5 cm. -Des grosseurs peuvent apparaître sur les tiges et les feuilles.	<i>Alternaria solani</i>	(CAUSSE et al, 2000 ; NAIKA et al., 2005).
Pourriture grise de la tomate	-taches beiges en anneaux centriques parfois en forme de flamme. - des chancres de couleurs gris beige légèrement déprimés avec un duvet grisâtre.	<i>Botrytis cinerea</i>	(EL AKEL et al., 2001)

II.7.1.2 Principales Maladies bactériennes de la tomate :

Maladies	Agent causal	Symptômes	Auteurs
Chancre bactérien	<i>Clavibactermichiganensis</i> subsp. <i>Michiganensi</i> .	-flétrissement unilatéral des feuilles. - En coupes longitudinales tige et pétioles montrent des stries brunâtres.	(PYRON,2006) et (GILLI, 2007)
Moucheture de la tomate	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>	-Tâches noires sur feuilles. -Tâches brunes nécrotiques sur fruit.	CAZELLES (1992) NAIKA et al., 2005
Gale bactérienne	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i> .	-Apparition de taches brunâtres entourées d'un halo jaune sur feuilles.	(AL-SALEH,2011)

II.7.2 les principaux Ravageurs de la tomate :

Ravageurs	Agent causal	symptômes	Auteurs
Nématodes	<i>Meloidogyne</i> <i>cognita</i> <i>Meloidogyne</i> <i>arenaria</i>	-Nodosités sur racines. -Réduction de la croissance. -Flétrissement de la plante.	NAIKA et al., 2005
Acariens	<i>Tetranychus</i> <i>urticae</i>	-Coloration bronzée ou brun roux des feuilles. -Dessèchement des parties aériennes. - Dépérissement des plantes les plus atteintes.	SERENO et DJIAN (2011)
Pucerons	<i>Macrosiphum</i> <i>euphorbiae</i> , <i>Myzus</i> <i>persicae</i> , <i>Aulacorthum</i> <i>solani</i> <i>Aphis</i> <i>gossypii</i>	-Développement de la fumagine sur les feuilles et les fruits. - Croissance limitée et déformation des feuilles et des fruits.	RUOCCO et al. (2011).
Papillons et Noctuelles	<i>Helicoverpa</i> <i>armigera</i> , <i>Chrysodeixis</i> <i>chalcites</i> <i>Autographa</i> <i>gamma</i>	-Lésions et perforation du feuillage. - Galeries remplis d'excréments.	(TROTIN CAUDAL et al.,2011)
Thrips	<i>Frankliniella</i> <i>occidentalis</i>	-Lésions sur le limbe qui se nécrose pour prendre une teinte	(DESNEUX, 2010).

		beige.	
Mineuse de la tomate	<i>Tutaabsoluta</i>	-Mines remplies d'excréments dans les feuilles, les bourgeons et les fruits. -Les semis endommagés peuvent cesser de pousser et mourir.	(NAIKA et <i>al.</i> , 2005)

Chapitre III: champignons nématophages:

Chapitre III: champignons nématophages:

III.1 Champignons antagonistes des nématodes :

Les champignons occupent une place importante dans la régulation des populations de nématodes dans le sol. Certains ont montré un grand potentiel comme agents de lutte biologique (DACKMAN et NORDBRIN-HERTZ, 1985 ; Kerry, 1988 ; SIDDIQUI et IRSHAD, 1996). Ces organismes microscopiques peuvent capturer, tuer et digérer les nématodes (JONSSON et LOPEZ-LLORCA, 2001). Il existe trois groupes de champignons antagonistes (JONSSON et LOPEZ-LLORCA, 2001)

a)-Champignons prédateurs :

Les champignons nématophages de piégeage capturent les nématodes mobiles grâce à leurs différents organes spécialisés dits pièges. Leur structure morphologique est variable selon les espèces fongiques. Certains forment des filets ou des boutons adhésifs, d'autres possèdent des branches adhésives ou des anneaux constricteurs (AHREN et TUNLID, 2003).

b)- Champignons parasites :

Ils infectent les nématodes en utilisant des spores adhésives (JONSSON et LOPEZ-LLORCA, 2001) et des zoospores qui s'attachent à la surface de la femelle blanche (CASAS-FLORES et HERRERA, 2007).

c)- Champignons endoparasites obligatoires :

C'est un groupe de champignons qui ne peuvent pas proliférer dans le sol en absence des nématodes. *Nematophthoragynophila* parasite les femelles d'*Heterodera* sp., baisse leur reproduction (KERRY et al., 1982).

d)- champignons endoparasites facultatifs :

Ce sont des champignons capables de proliférer dans la rhizosphère, même en absence des nématodes hôtes. Leurs filaments pénètrent dans les œufs en perforant la coque puis détruisent les embryons. Ils s'attaquent aussi bien aux œufs du genre *Meloidogyne* qu'à ceux du genre *Heterodera* (CAYROL, 1992).

III.2 Modes de pénétration des champignons :

Avant l'infection, les champignons adhèrent à la paroi du corps de la femelle puis ils pénètrent à travers cette barrière protectrice pour atteindre les œufs (JONSSON et LLOPEZ-Llorca, 2001). Leur pénétration se fait selon trois voies possibles :

- **Voie A** : directement à travers la cuticule du nématode.
- **Voie B** : à travers les ouvertures naturelles sur le cône vulvaire.
- **Voie c** : après la colonisation de la cellule nourricière de la racine.

III.3 L'utilisation des champignons nématophages dans la lutte biologique :

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

La lutte biologique par les champignons repose sur un principe simple : l'existence dans le sol de champignons qui ont la capacité de prendre au piège les nématodes et de s'en nourrir. C'est à la fin XIXe siècle que les premiers d'entre eux ont été découverts et décrits. Ils diffèrent les uns des autres par leur mécanisme de piégeage : pièges en réseaux, piège en anneaux, en boutons collants ou en spires. Ces champignons présents naturellement dans le sol, n'y sont pas en assez grande quantité (CAYROL, 1991).

Les champignons du genre *Arthrobotrys*, commercialisé sous le nom de R350, sont utilisés dans la lutte contre les *Meloidogyne* (CAYROL, 1983). Les champignons nématocides tels que la moisissure *Paecilomycesliliacinus* qui parasite les œufs de *Meloidogyneincognita* sur la pomme de terre est relativement efficace.

Le champignon a réduit le développement de la population de nématode du réniforme (*Rotylenchusreniformis*) sur tomate (SHERF et MACNAB, 1986). De nouvelles recherches se font sur les toxines de certains champignons actifs sur les larves ou les œufs, à titre d'exemple, les travaux de CAYROL (1989) qui signale que les filtrats des cultures de *Fusariumoxysporum* et *F. solani* ont une action pré pondérable sur les larves de *Meloidogyne*, ainsi que les filtrats d'*Aspergillus niger* et *Paecilormusliliacinus* qui inhibent l'éclosion des œufs des *Meloidogyne* (HAMMACHE, 1994).

PARTIE II EXPERIMENTAL

CHAPITRE I : Matériel et méthode

I. Matériel et méthode

I.1. Objectif du travail :

Notre étude est basée sur deux étapes essentielles :

On ce qui concerne la première étape, nous avons essayé à l'aide d'un questionnaire (anex) de faire une prospection d'une EAI (Exploitation Agricole et Individuelle) visitée afin de faire un constat(l'état des serres, les cultures précédentes, les variétés utilisées et les produits chimiques appliqués). Pour la deuxième étape nous essayons de faire un inventaire de champignons prédateurs et parasites de nématodes (*Meloidogynesp*), présents dans le sol sur deux profondeurs différentes (0-10cm et 10-20cm) en le prélevant frais à l'intérieur de serres.

I.2. Présentation de la zone d'étude :

I.2.1 Choix de la station d'étude :

Sur la base de l'importance des cultures maraîchères et plus précisément la culture de la tomate qui occupe une place très importante en Algérie, nous avons choisis la région de Fouka marine, wilaya de Tipaza.

I.2.2 Situation géographique de la région d'étude (Fouka Marine) :

La commune de Fouka est située au Nord-Est de la wilaya de Tipaza, à environ 25 Km et à environ 35 Km au Sud-Ouest d'Alger, limitée à l'Ouest par les communes de Bousmail et de Chaïba, à Est par la commune de Douaouda, au Nord par la mer Méditerranée et au Sud par la commune de Koléa. (Fig n°06) .



Fig n°06 : Situation géographique de la station d'étude à Fouka Marine Wilaya de Tipaza. (Google maps, 2020).



Photo n°01 : Station d'étude.



Photo n°02 : Serre prospectée.

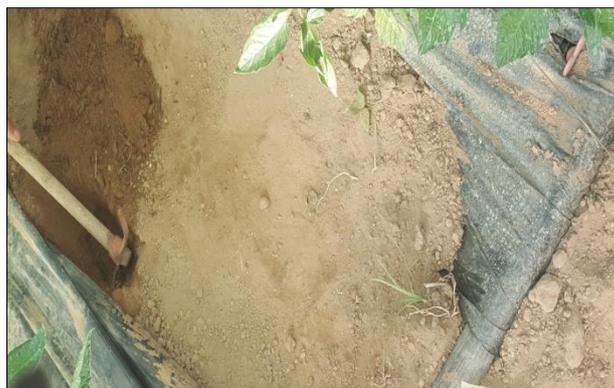


Photo n°03: Prélèvement du sol.

Figure n°07 : Différentes étapes d'échantillonnage. (Original, 2020).

I.3 Matériel de travail :**I.3.1. Sur terrain :**

- Une tarière.
- Des sachets en plastique.
- Des étiquettes.
- Marqueur.
- Mètre ruban.

I.3.2 Au laboratoire :

- Des boîtes de Pétri.
- Le sol.
- Les étiquettes.
- Ruban adhésif.
- Microscope.
- Etuve.
- Béchers.
- Autoclave.
- Glucose.
- Agar agar.
- Bouillon de pomme de terre.
- Cristalliseur.
- L'eau distillé.
- Agitateur magnétique.
- Balance à précision.
- Flacons.
- Bec Bunsen.
- Les clés de détermination.

I.4 Le questionnaire :

C'est un outil utilisé pour recueillir des informations précises sur l'exploitation agricole individuelle visitée, nombre de serres, les cultures précédentes et sur place, le type du sol, les variétés et les produits chimiques utilisés, etc..

I.5 Méthodes :

I.5.1 Techniques d'échantillonnage :

La collection de nos échantillons est faite au niveau de l'exploitation agricole localisée dans la wilaya de Tipasa dans la ville de Fouka

Cette technique consiste à :

- Prélever aléatoirement des échantillons du sol dont le prélèvement est effectué à l'intérieur de la serre et à des profondeurs différentes (10 cm et 20 cm) à l'aide d'une tarière.
- La prise du sol s'effectue dans trois points différents (l'entrée de la serre, le milieu, et la fin de la serre).
- Le poids du sol récupéré dans chaque profondeur est de 2 Kg.
- Les échantillons du sol sont ensuite conservés dans des sachets en plastique fermés.
- les sacs en plastiques doivent porter une étiquette indiquant la profondeur, la date et le lieu de récupération et toutes mentions utiles.

I.5.2 Préparation du milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar) :

La gélose dextrose à la pomme de terre est un milieu de culture microbiologique courant produit à base d'infusion de pomme de terre et de dextrose. C'est un milieu non sélectif qui favorise le développement des mycètes et des bactéries.

La procédure qu'on a suivi pour récupérer cet PDA est comme suit :

- Faire bouillir 200g de pommes de terre dans 1L d'eau.
- Récupérer 250ml du bouillon de pommes de terre et le mettre dans un cristalliseur.
- Peser 10 g de glucose et le mélanger avec le bouillon.

- Peser 10 g d'Agar et le mélanger aussi avec le bouillon.
- Ajuster avec de l'eau distillé jusqu'à l'obtention de 1L.
- Mettre le milieu PDA sur l'agitateur magnétique pendant 20 min pour qu'il soit homogène.
- Partager la solution obtenue en 3 flacons.
- Stériliser les flacons dans l'autoclave à 120°C pendant 20 min à une pression inférieure à 1 bar.
- Laisser refroidir.

I.5.3 préparation des boites de Pétri et isolement des différentes espèces de champignons à partir du sol :

- Dans un endroit stérile, devant un bec Bunsen ; faire couler le milieu PDA dans les boîtes de Pétri.
- Faire 4 répétitions pour chaque profondeur (10 cm et 20 cm).
- Après solidification du milieu,ensemencer le sol à la surface du milieu (1g pour chaque boîte) ; puis fermer les boites et les emballer avec un ruban adhésif.
- Etiqueter chaque boîte de répétition (numéro de répétition, profondeur et date).
- Inverser les boites de pétri pour éviter le risque de contamination par les gouttelettes d'eau accumulées sur le couvercle.

I.5.4 Conditions d'incubation :

Une fois les boites de pétri sont prêtes, ces dernières sont mises dans l'étuve à 20°C qui est une température favorable au développement des champignons nématophages.

I.5.5 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 anneaux constricteurs et non constricteurs.
- Les conidiophores.
- Les boutons adhésifs.
- Les conidies.
- Les mycéliums perforants.
- Les chlamydo-spores

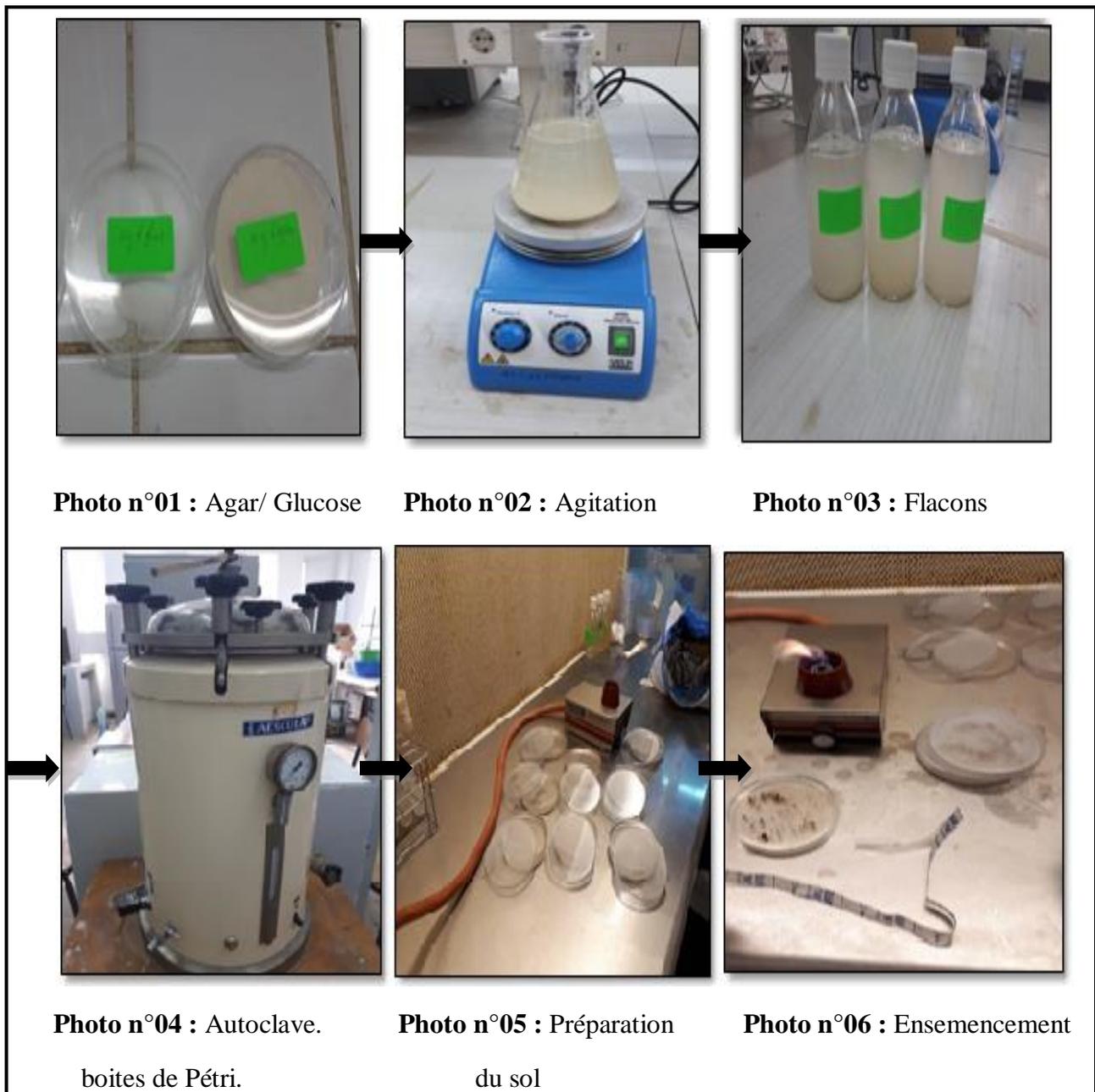


Figure n°08 : Différentes étapes de la préparation du milieu de culture et l'ensemencement du sol (Original, 2020).

Chapitre II : Résultats et discussions

II. Résultats et discussions :

II.1. Importance du questionnaire :

Le questionnaire nous a permis d'avoir une idée générale sur la zone d'étude plus précisément la commune de Fouka Marine.

Nous avons constaté que les serres dans cette station ont été construites il n'y a pas très longtemps, elles ont toutes 4ans ; l'utilisation des produits chimiques se fait chaque année dont les produits couramment utilisés (Dursban, Pro Act, Imidor, Chlorcyrine 220 EC.....).

Nous avons noté aussi l'application d'engrais tels que Rivanebe 80.

II.2 Espèces de champignons nématophages prédateurs et parasites répertoriées :

Après une observation à l'état frais nous avons pu répertorier 2 genres de champignons nématophages (prédatrices et parasites) à partir des différentes clés de détermination :

- ❖ *Arthrobotrys* : c'est un genre qui possède des chlamydo-spores produites par des filaments qui montrent la séparation de la paroi en couche interne et externe, la forme des conidies est bicelleulaire et allongée (BUYCK, 1986).
- ❖ *Stylopage*: Ce genre est caractérisé par les conidies unicellulaires allongées. Il peut présenter des hyphes et des boutons adhésifs (BARNETT et HUNTEN, 1998).

II.3 Classification des champignons nématophages :

Dans notre expérimentation, les espèces de champignons nématophages parasites et prédateurs répertoriées ne se présentent pas de la même manière ; il y a celles qui sont présentes dans toutes les boîtes (4 répétitions) d'autres sont présentes dans une seule boîte, pour cela nous avons donné une échelle qui évalue leur fréquence allant de 100%(présence dans les 4 boîtes) à 0% quand elles sont absentes.

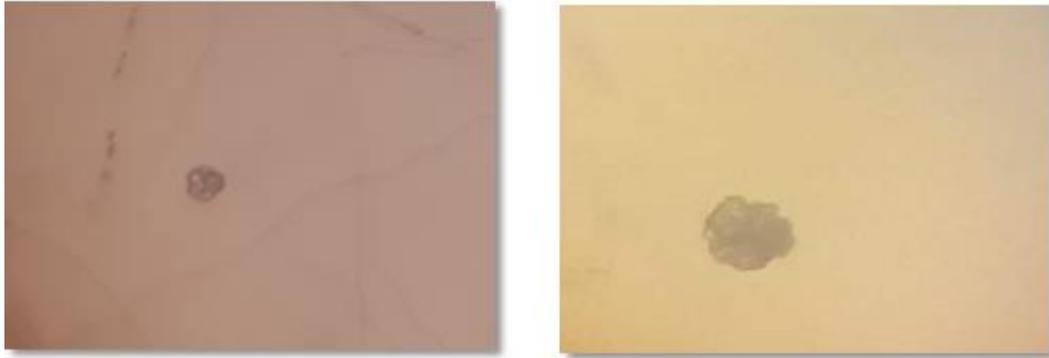


Photo n°01 :*Arthrobotrys*



Photo n°02 : *Stylopage*.

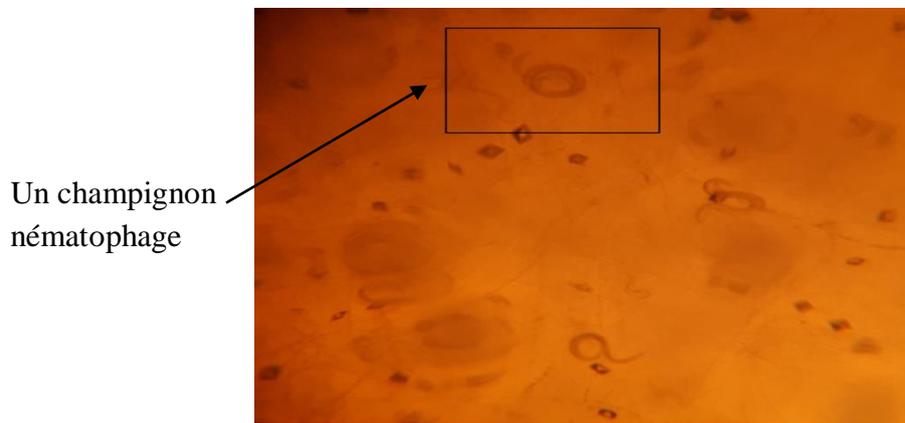


Photo n°03 : Nématode piégé par un champignon nématophage.

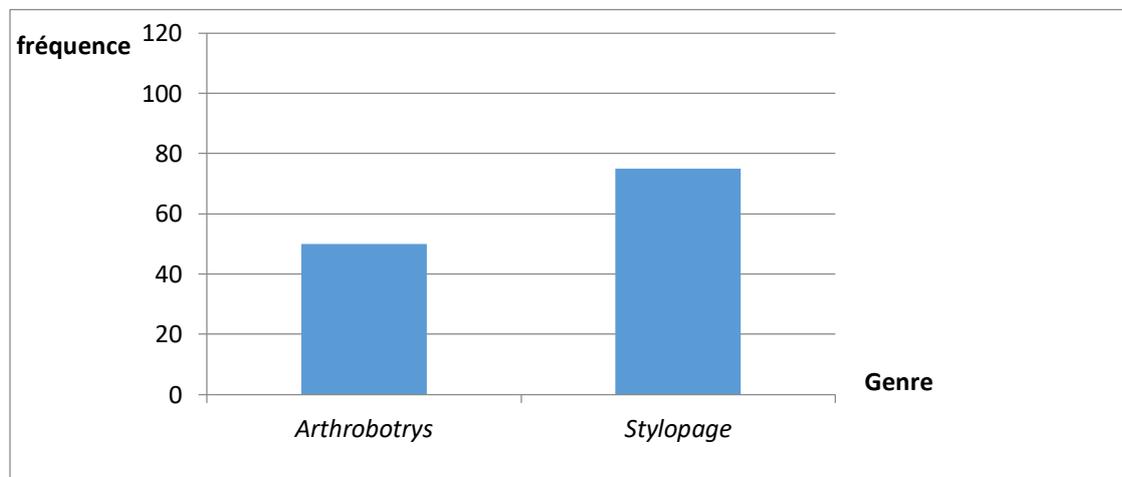
Figure n°09 : Différents genres de champignons prédateurs et parasites.

II.4 Présentation fréquentielle des différentes espèces de champignons nématophages

(Prédateurs et parasites) à différentes profondeurs :

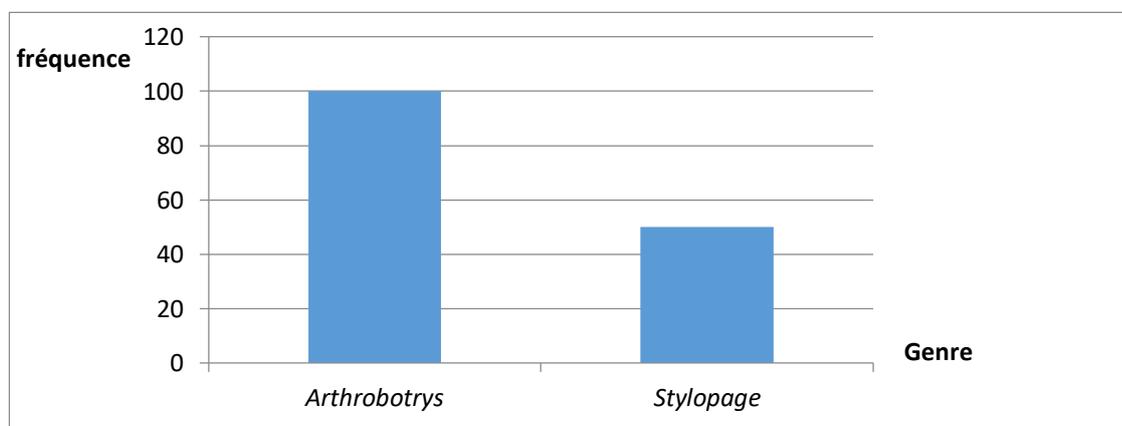
Les graphes ci-dessous nous donne un aperçu sur la fréquence(%) et la présence des champignons répertoriés à l'intérieur de la serre de tomate (variété kawa) dans l'exploitation de Fouka Marine Wilaya de Tipaza à 2 profondeurs différentes (0-10cm et 10-20 cm) dans un seul type de sol (sableux limoneux).

II.5 Etude de la fréquence des champignons nématophages (Fig n°10) :



Fig°10 : Fréquence de champignons nématophages, station de Fouka Marine (10cm).

- D'après le graphe (**Fig n°10**) : On note une présence de deux genres de champignons nématophages : *Arthrobotrys*, *Stylopage* ; avec des fréquences de 50% et 75% respectivement



Fig°11 : Fréquence de champignons nématophages, station de Fouka Marine (20cm).

II.6 Comparaison :

D'après le graphe (**Fig n°11**) : On a pu déterminer deux genres de champignons nématophages : *Arthrobotrys* avec une fréquence de 100% suivit par le *Stylopage* 50%

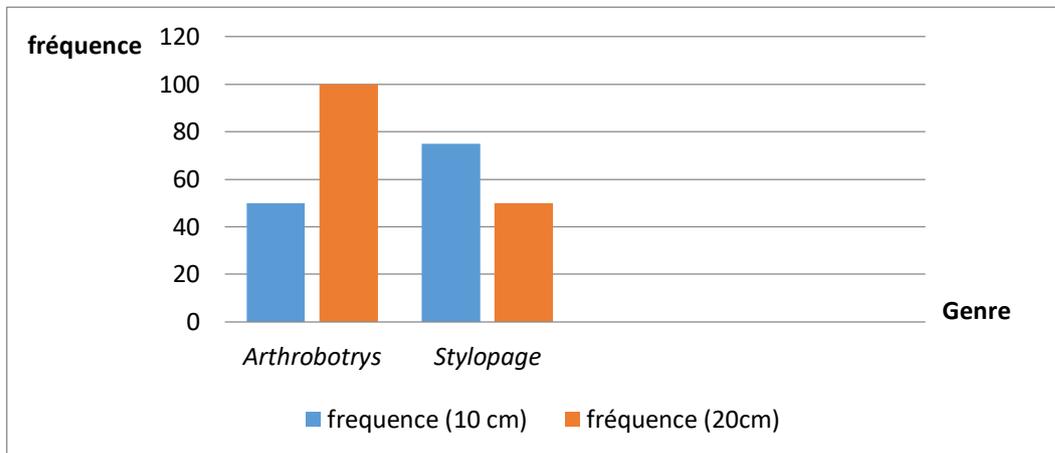
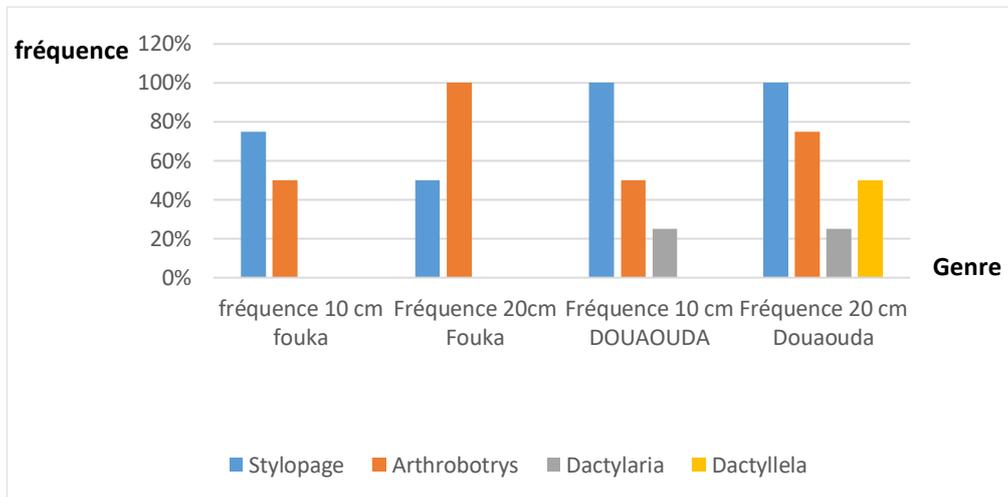


Fig n°12 : Fréquence comparative de champignons nématophages de la station de Fouka Marine (à l'intérieur de la serre de tomate prospectée / 0-20cm).

- Selon le graphe (**Fig n°12**) : On remarque que les champignons nématophages répertoriés sont plus fréquents avec un taux de présence plus élevé dans la profondeur de 20cm par rapport à 10cm.

- Des études sont effectuées au niveau de la station de Douaouda ,Willaya de Tipaza dont la réalisation d'un inventaire de champignons prédateurs et parasites (Haddadi,2020).

Comparaison des différentes fréquences des champignons nématophages de la région de Douaouda et la région de Fouka :



Fig°13 : Comparaison des différentes fréquences des champignons nématophages de la région de Douaouda et la région de Fouka .

Selon le graphe comparatif entre les deux stations prospectées Fouka et Douaouda à 2 profondeurs différentes (10 et 20cm) :

- ❖ On note que Douaouda présente 4 genres des champignons nématophages : *Stylopaga*, *Arthrobotrys*, *Dactyllela*, *Dactylaria*.
- ❖ Le taux de la présence des champignons nématophages varient selon les deux profondeurs :

A. Profondeur de 10cm :

Au niveau de cette profondeur 3 genres sont présents : Le *Stylopaga* est présent avec une fréquence de 100%, suivi par l'*Arthrobotrys* et *Dactylaria* à 25%.

B. Profondeur de 20cm :

Quatre genres de champignons ont été répertoriés : *Stylopaga*, *Arthrobotrys*, *Dactyllela*, *Dactylaria* avec des fréquences de 100%, 75%, 50%, 25% respectivement.

Si nous comparons les résultats obtenus, il apparaît que la région de Douaouda présente une diversité des champignons nématophages plus importante que la région de Fouka.

Chapitre III : Discussion

II.7 Discussion :

Les cultures maraîchères en plein champs ou sous serres 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 attaqués. Du fait de leur gammes d'hôte très étendue, ces bio-agresseurs ont une incidence économique non négligeables, tout particulièrement dans les zones méditerranéennes. (DJIAN-CAPORALINO,2010).

La région d'étude que nous avons choisie (Fouka Marine, Wilaya de Tipaza) présente un risque d'infestation par les nématodes à galles.

L'enquête que nous avons préparée, nous a permis de recueillir des informations précises sur l'exploitation agricole individuelle visitée, l'ancienneté des serres qui ne dépasse pas les 04 ans (en bon état), la variété de la culture de la tomate (KAWA), le type du sol (sablo-limoneux), l'utilisation des produits chimiques se fait chaque année tels que les fumigants et les engrais sans tenir compte de l'état d'infestation du sol par les *Meloidogyne*. En dernier on a inventorié des champignons nématophages prédateurs et parasites.

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 (AHMEDet *al.*,1998). De plus, en traitant que les 20 à 30 premiers centimètres du 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).

La mauvaise application ou l'efficacité limitée des produits utilisés provoque une destruction de la pédaufaune et peut engendrer le développement d'une résistance chez les *Meloidogyne*. Cet état d'infestation peut être expliqué par le phénomène de migration des nématodes se trouvant en profondeur vers la couche exploitée par les racines des plantes cultivées après la biodégradation des nématicides.

Il semble alors logique de substituer ces produits chimiques par le contrôle biologique dans le but de développer des stratégies de lutte intégrée contre les nématodes moins dépendantes des traitements chimiques.

L'utilisation de microorganismes antagonistes, bactéries ou champignons nématophages, se révèle aux scientifiques comme une alternative intéressante à ces traitements nocifs

(Anonyme,2005).

Les champignons occupent une place importante dans la régulation des populations de nématodes dans le sol. Certains ont montré un grand potentiel comme agents de lutte biologique (DACKMAN et NORDBRIN-HERTZ, 1985 ; KERRY, 1988 ; SIDDIQUI et IRSHAD, 1996).

Dans la zone d'étude prospectée (Fouka Marine, Wilaya de Tipaza) ; nous avons pu identifier 2 genres de champignons nématophages (PREDATEURS et PARASITES) : *ArthrobotrysetStylopage*. L' *Arthrobotrys* est plus facilement à identifiable par rapport aux autres champignons. Du fait de sa croissance mycélienne très rapide cette souche peut donc être utilisée de façon tout à fait satisfaisante dans la pratique en tant qu'agent nématophage dans les cultures maraîchères.

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'il font que le champignon n'apparait que là où les nématodes vivent », comme les nématodes sont présent s 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 . Ces organismes microscopiques peuvent capturer, tuer et digérer les nématodes (JONSSONet LOPEZ-LLORCA, 2011). Les champignons nématophages de piègeage capturent les nématodes mobiles grâce à leurs différents organes spécialisés dits pièges. Leur structure morphologique est variable selon les espèces fongiques. Certains forment des filets ou des boutons adhésifs, d'autres possèdent des branches adhésives ou des anneaux constricteurs. (AHRENet TUNLID, 2003).

Des études récentes concernant les analyses pédologiques montrent que la région de Fouka se caractérise par un sol sablo-limoneux (ANONYME,2017). REDDY (1983), signale que les *Meloidogynese* développebeaucoup mieux dans les sols sableux, car d'après Brown et Swan(1974) montrent que les sols compacte limite leur développement par manque d'aération. Plus le sol est poreux, plus il est aéré. Cette aération favorise l'activité physiologique du nématode (Van GUNDY, 1958).

CONCLUSION

Conclusion :

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

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

Nous avons pu répertorier 02 genres de champignons nématophages (parasites ,predateurs) : *Arthrobotrys* et *Stylopage*.. L' *Arthrobotrys* 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 le sol.

Dans notre approche, nous avons pu montrer que la présence des champignons nématophages est naturelle. Cette présence dépend de plusieurs paramètres, citons en premier un milieu adéquat dont le pH est presque neutre, riche en matière organique, une humidité optimale et une température ambiante... etc (le suivit 15 jours).

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 l'utilisation des champignons nématophages (prédateurs et parasites) en lutte biologique en tenant compte des interactions avec les nématodes et même du coût de développement et de production de ce type de produits. On peut donc espérer beaucoup de ce nouveau mode de lutte car les études montrent une diversité de la microflore qui est capable de donner de bons résultats.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

1. **AGRIOS G.N., 2005-** *Plant pathology, fifth edition*. Ed. Elsevier Academic Press. 922 pp.
2. **AHREN D. et TUNLID A., 2003-** Evolution of Parasitism in Nematode-Trapping Fungi *The Journal of Nematology*, 35(2) : 194-197.
3. **BARBARY A., 2014-** *Bases génétiques de la résistance vis à vis des nématodes du genre Meloidogyne chez le piment*. Thèse de biologie, mention biologie des interactions et écologie, Université de Nice Sophie-Antipolis. p.507.
4. **BARRON G. L., 1968-** *The genera of hyphomycetes*. Baltimore, p.364.
5. **BENCHALAAL., 1983-** Généralités sur la tomate, production végétale, production céréalière et fourragère. *Aurès agronome*, p.p2-6.
6. **BERTNARD C., LIZOT J. F. et MAZOLLIER C., 2001-** Lutter contre les nématodes à galles en agriculture biologique. *GRAP (Groupe de recherche en agriculture biologique)* p.4.
7. **BIRD A. F et BRISBANE P.G., 1988-** The influence of *Pasteuria penetrans* in field soils on the reproduction of root-knot nematodes. *Revue Nématol.* 11: 75-81.
8. **BOUTOUMOU H. et BOUMAZA M., 2016-** *Etude de l'activité de Trichoderma sp. Contre l'Alternariose de la tomate*. Thèse de Master. Université Mentouri Constantine, Algérie.
9. **BRAGA R., LABRADA R., FORNASARI L. et FRATINI N., 2001-** Des alternatives au bromure de méthyle pour la fumigation du sol. Manuel de formation pour les vulgarisations et les paysans. Unité Energie et Action de l'ozone. Programme des Nations Unies pour l'environnement. *Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation*. Rome, p.p. 59-60.
10. **BROWN S. M, KEPNER J. L, et SMART G. C., 198-** Increased crop yields following application of *Bacillus penetrans* to field plots infested with *Meloidogyne incognita*. *Soil Biol. Biochem.* 17: 483-486.
11. **BUYCK B., 1986-** Première contribution à un inventaire des champignons nématophages en Belgique. *Mycologia Belgica*, n°9, p.p 27-36.
12. **CASAS-FLORES S. et HERRERA-ESTRELLA A., 2007-** *Antagonism of plant parasitic nematodes by Fungi*. In: *The Mycota*. Eds. Kubicek C.P. Druzhinima I.S. Springer Berlin, Netherlands, p.p147-157.
13. **CAUSSE.M., CARANTA.C., SALIBA-COLONBANI.V., MORETTI A., DAMIDAUX R et ROUSSLE P., 2000-** Valorisation des ressources génétique de la tomate par l'utilisation de marqueurs moléculaires. *Cahier Agricultures* 9 :197-210.
14. **CAYROL J. C., 1971-** *Rôle des nématodes dans l'équilibre biologique des sols. Influence des traitements nématicides*. In *les nématodes des cultures*. Ed. ACTA, Paris, p.p. 67-142

Références bibliographiques

15. CAYROL J. C., 1981-*Nouvel agent nématophage et procédé pour maîtriser la croissance des nématodes du genre méloidogyne*. Brevet EP0006382 B1.
16. CHAUX C. L. et FOURY C.L., 1994-*Productions légumières. Tome III : légumineuses potagères, légumes fruits*. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris, p.p 145-231.
17. DACKMAN C. et NORDBRING-HERTZ B., 1985- Fungal parasites of the Cereal Cyst Nematode *Heterodera avenae* in southern Sweden. *Journal of Nematology*, 17(1) :50-55.
18. DE GUIRAN G. et NETSCHERR C., 1970- Les nématodes du genre *Meloidogyne*, parasites de cultures tropicales. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, n°11, p.35.
19. DE GUIRAN, G., 1971- *Le problème Meloidogyne et autres nématodes sur cultures vivrières, Tabac, Caféier, Riz*. Ed. ACTA. Paris, France. p.p 447-474.
20. DE GUIRAN, G., 1983-*Les nématodes parasites des cultures en pays tempérés*. Ed. Littoral S .A., Béziers, France, p.41.
21. DJIAN-CAPORALINO C., VEDIE H. et ARRUFAT A., 2009-Gestion des nématodes à galles : lutttes conventionnelle et lutttes alternatives. L'atout des plantes pièges. *PHYTOMA*, p.18.
22. DUNN R. A., 1999- *Nematode Management for Commercial Turf*. Ex. I.F.A.S., Univ. Of Florida, p.12.
23. DUVAL J., 1993-*Les plantes nématicides*. *Agrobio 360-04*. EAP Publications. McGill University, Canada.
24. ECHEVERRIA M.M et CHAVES E .J., 1998- Identification of *Meloidogynenassi* Franklin. *Rev. Nematol.*44, p.p 219-220.
25. FAOSTAT., 2013- Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
26. FLEDMESSER J. et FEDER W.A., 1954- Some effects of altered oxygen tension on certain plant parasitic and soil inhabiting Nematodes in vitro . *J. Parasit*, 40, p.p 1-18.
27. PROPHETOUATHANASIADOU et D.A GIANNAKOU I.O, ANASTASIADIS I.A, GOWEN S.R., 2007-*Effects of a non- chemical nematicid combined with soil solarization for the control of root-knot nematodes*. *Crop protection* 26, 1644-1654.
28. GOWEN S. R et AHMED R., 1990-*Pasteuriapenetrans* for control of pathogenic nematodes. *Asp. Appl. Biol.* 24: 25- 31.
29. GOWEN S. R et TZORTZAKAKIS E. A., 1994-Biological control of *Meloidogynespp*, with *Pasteuriapenetrans*. *EPPO Bull.* 24: 495-500.
30. HAGUE N. G. M., 1975-*Nematicides past and present* . Proceeding of the 8 th British insecticides and fungicides Conference, p.p 837-851

Références bibliographiques

31. HARTMAN R.W., 1970-Maona Wonder, new root-knot nematode resistant to pole bean. *Circ . Hawaii Exp .Stn.*, Vol .67, p.p 5-10.
32. HELLER R., 1981-*Physiologie végétale*. Tome I : nutrition. 2ème Edition Masson.
33. HUAT J., 2008-*Diagnostic sur la variabilité des modes de conduite d'une culture et de leurs conséquences agronomiques dans une agriculture fortement soumise aux incertitudes : cas de la tomate de plein champ à Mayotte*. Thèse doctorat. L'InsSciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro Paris Tech, p. 264.
34. INGHAM R., 1990-*Biology and control of root-knot nematodes of potato*. Research report. Proceedings of the Oregon Potato Conference and Trade Show, p.p 109-120.
35. JEPSON S.B., 1987- *Identification of root-knot nematodes (Meloidogyne species)*.Ed.CAB International, Wllingford, p. 265.
36. JOHNSON A.W., 1982-*Managing nematode populations in crop production*. In: Riggs RD. ED. Nematology in the southern region of the United States, University of Arkansas, p.p.193-203.
37. JOHNSON A.W et FASSUIOTIS G., 1984- *Nematode parasites of vegetable crops*. In: Nickle WR. ED. Plant and Insect Nematodes. Marcel Dekker Inc., New York, p.p. 323-372.
38. JONES A. et DUKERS P.D.,1980-Heritabilities of sweet potato resistance to root-knot caused by *Meloidogyne incongnita* and *M. javanica* . *Jour. Amer. Soc. Horti. Sci.*, Vol.105, p.p 154-156.
39. JONSSON H.B. and LOPEZ-LIORCA L. V., 2001-*Biology of nemato-phagousfungi* .In : *Mycology : Trichomycetes other fungal groups and mushrooms*. Ed. Misra J.K and Horn B.W., Science Publishers : 145-173.
40. KOLEV N., 1976-*Les cultures maraichères en Algérie .Tome I .Légumesfruits* .Ed. Ministre de l'Agriculture et des Reformes Agricoles, p. 52.
41. LATIGUI A., 1984-*Effetsdes différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée*. Thèse Magister. INA El-Harrach.
- 42.LAUMONNIER R., 1979-*Culture légumière et maraîchère*. Tome III. Ed. Bailliere et fils. Paris, p. 305.
43. LORRAIN R., 1998. Sur la biologie des nématodes. PHM. *Revue Horticole*,398 : 14-15.*J. Nematol.* 31: 619-623.
- 44.MCSORLEY R., 1999- Host suitability of potential cover crops for root-knot nematodes.
45. MINAUD J.,1972. Eléments pratiques conditionnant le choix d'une méthode de lutte contre les nématodes. *Rev . Phytoma*, Déf., Cult., N°240, p.p 13-19.titut des

Références bibliographiques

46. NAIKA S., DE JEUD J.V.L., DE JEFFAU M., HILMI M. et VANDAM B., 2005-*La culture de tomate, production, transformation et commercialisation*. Ed. Wageningen, Pays Bas, p. 105.
47. OVERMAN A. J., 1964-The effect of temperature and flooding on nematode survival in fallow sandy soil. *Soil Crop Sci. Soc. Fl.* 34: 197-200.
48. PERON J., 2006- *la production légumière*. Ed. Lavoisier. Paris, p.p 578-592.
49. PLOEG A.T., 1999-Greenhouse studies on the effect of marigolds (*Tagetes* spp.) on four *Meloidogyne* species. *J. Nematol.* 31: 62-69.
50. PROT J. G. et MATIAS D. M., 1995- Effects of water regime on the distribution of *Meloidogyne graminicola* and the other root-parasitic nematodes in a rice field toposequence and pathogenicity of *M. graminicola* on rice cultivar UPL R15. *Rev. Nematol.* 41, p.p 219-228.
51. REDDY P., 1983. *Plant nematology*. Ed. Agri. Publ. Acad. India, p. 287.
52. REGNAULT-ROGER C., FABRE G. et PHILOGENE B.J.R., 2005-*Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement, pesticides et biopesticides. OGM, lutte intégrée et biologique, agriculture durable*. Ed. Lavoisier, p. 1013.
53. REY Y. et COSTES C., 1965-*La physiologie de la tomate, étude bibliographique*. INRA, p. 111.
54. RHOADES H.L., 1982- Effect of temperature on survival of *Meloidogyne incognita* in flooded and fallow muck soil. *Nematologica* 12: 33-37.
55. 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 Agromisaet CTA, Wageningen, p.105.
56. SHARONI Y. et LEVI Y., 2006-*Cancer prevention by dietary tomato lycopene and its molecular mechanisms*. In A. V. Rao. Ed. Tomatoes, lycopene & human health. Barcelona: Caledonian Science Press, p.p 111–125.
57. SIDDIQUI Z. A .et IRCHADI M., 1996- Biological control of plant parasitic nematodes by fungi. *Bioresource Technology*, 58: 229-239.
58. SIDDIQUI I.A., SHAUKAT S.S et HAMID M., 2002-Role of Zinc in Rhizobacteriamediated suppression of root infecting fungi and root-knot nematode. *Phytopathology* 150, p.p 569-575.
59. STARR M.P et SAYRE R.M., 1988.-*Pasteuriathornei* sp. nov. and *Pasteuria penetrans sensu stricto* emend., mycelial and endospore-forming bacteria parasitic, respectively, on plant-parasitic nematodes of the genera *Pratylenchus* and *Meloidogyne*. *Ann. Inst. Pasteur Microbiol.* 139: 11-31

Références bibliographiques

- 60. STIRLING G. R., 1985-**Host specificity of *Pasteuriapenetrans* within the genus *Meloidogyne*. *Nematologica* 31: 203- 209.
- 61. STRLING G. R et WATCHEL M.F.,1985.** Root-Knot nematode (*Meloidogyne hapla*) on potato in South Australia. *Jour. Aust. Exp. Agri.*, Vol., 25, pp 455-457.
- 62. STRILING G. R., 1991-** *Biological Control of Nematodes :ProgressProblems and prospects*. Ed CAB International, Wallingford Oxon, p. 282.
- 63. STURHAN D., 1988-**New host and geographical records of nematode parasitic bacteria of the *Pasteuriapenetrans* group. *Nematologica* 34: 350-356.
- 64. TALAVERA M., MAGUNACELAYA J.C., TOBAR A., 1999.** Plant parasitic nematodes from a forest tree nursery in Southern Spain with some notes about the influence of soil storage on the quantitative recovery of *Meloidogyne arenaria* . *Rev . Nematol.*, Vol .1, N°3, p.p 261-266.
- 65.TAYLOR A.L., SASSER J N., 1978-** Biology, Identification and control of root knot nematodes (*Meloidogyne* species), North Caroline State University graphic, p.111.
- 66.THORNE G., 1961-** *Principle of Nematology*. McGraw-Hill Book Company, Inc.USA, P. 553.
- 67. VALLOTON R.,1983.** La lutte biologique contre les nématodes parasites. *Rev . Agri.* Vol.15, N°6, p.p 263-267.
- 68.VAN GUNDY , S. D., BIRD , A. F. et WALLACE , H. R., 1967-** Aging and starvation in larvae of *Meloidogynejavanica* and *Tylenchussempenetrans*. *Phytopatholgy*, 57, p.p559-571.
- 69. WHITEHEAD A.G., 1998-***Plant nematode control*. Ed. CAB International, p. 384.
- 70.WRIGHT D. J., 1981-***Nematicides : Mode of action and new approaches to chemical control*. In plant parasitic Nematodes, Vol 3. Zuckerman, B. M. and Rhode, R. A., ED. Academic Press, London and New York, p.p421-449.
- 71.ZUANG A., 1982-***La fertilisation des cultures légumières*. Ed I:N.V.U.F.L.E.C, Paris,p393.

ANNEXE

Région : Domaine :

E.A.C. ou E.A.I. : Privé :

Nombre de serre :

Nature du sol :

Précédent cultural :

La culture en place : La variété :

Méthodes culturales utilisées :

Principe de la désinfection des sols :

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

Ancienneté de la serre :

Irrigation utilisée :

La fertilisation :

Autres produits utilisés pour lutter contre d'autres maladies :

