

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

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

Présenté par :

Mme HAMZAoui Manar et Melle HADDADI Meriem

Membre du jury :

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

Année universitaire : 2019/2020

Le 15/09/2020

Remerciements

Nous tenons à remercier avant tout le bon **DIEU** le tout puissant de nous avoir accordé la force et la patience pour accomplir ce modeste travail

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

Mme **Sabri K.**, pour avoir accepté de nous encadrer et de diriger ce travail.

Notre reconnaissance va également à Mme **Nebih D.**, pour nous avoir fait le grand honneur de présider le jury.

On adresse nos vifs remerciements à Mme **Ouanighi H.**, pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Notre profonde gratitude va également à Mme **Djemai A.**, l'ingénieur de laboratoire de Zoologie pour sa disponibilité et pour le temps consacré.

Nos remerciements vont également aux agriculteurs de la région de Douaouda pour leurs aides, le temps consacré et les informations collectées.

Nous exprimons également nos remerciements à tous les enseignants du Département de Biotechnologies, et toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Et à tous nos camarades de la promotion année **2019/2020**.

Manar et Meriem

Dédicace :

A mes chers parents en témoignage de l'amour, de respect et de ma profonde et éternelle gratitude que je leur porte et ma reconnaissance pour leur soutien et leurs encouragements qu'il m'ont prodigué tout au long de ma vie.

A mon cher mari Serradj zineddine avec toute mon affection pour son aide, l'encouragement qu'il m'a donné et tout ce qu'il a partagé avec moi comme moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.

A mes chères sœurs (Ikram, Imane, Hayat, Fatima Zohra) pour leurs sacrifices et leurs aides illimitées tout au long de mes études. Que Dieu vous préserve, longue vie et prospérité.

A ma deuxième famille Serradj merci énormément pour vos soutiens plus que précieux, vos encouragements et la confiance que vous m'avez donnés.

A ma proche amie Haddadi Meriem qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'étude. Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

A toutes mes amies (Mouna, Fatima, Zahra, Hadjer) qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

Mme Manar

Dédicaces

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut

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

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

A ma chère mère et mon cher père.

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que puisse atteindre mes objectifs.

A ma source de confiance et d'énergie mes chers sœurs (Yasmine, Nadia, et ma petite Nardjes) pour leurs sacrifices et leurs aides illimités tout au long de mes études. Que Dieu vous préserve, longue vie et prospérité.

**A ma chère binôme (Manar) qui m'a soutenu et encouragé durant les années d'études, un grand remerciement à ton marie
Mr serradj zineddine pour leur aide que Dieu vous préserve .**

A mon oncle Ismail et sa femme vous tenez beaucoup de place dans mon cœur

A monsieur Lachib zineddine pour ces efforts, son aide illimites que Dieu vous préserve

A mes amis (Nour, Mira, Lamia, Manel, Sofia, Amine, Abdellah, Samir, Fares, Khetam) aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour que j'ai pour vous.

Melle Meriem

Sommaire

Table des matières

LISTE DES ABRÉVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES PHOTOS

LISTE DES TABLEAUX

RÉSUMÉ

Summary

ملخص

Introduction	1
Chapitre 1 : Généralités sur la plante hôte	3
1. La tomate	3
1.1 Historiques et origines :	3
1.2 classification botanique :	3
1.3 description et morphologique de la tomate :	3
1.3.1 Graine :	3
1.3.2 Systèmes racinaires, tiges et feuilles :	3
1.3.3 Fleurs et fruits :	4
1.4 Le cycle biologique de la tomate :	4
1.4.1 La germination :	4
1.4.2 La croissance :	4
1.4.3 La floraison :	4
1.4.4 La fructification et la maturité des fruits :	5
1.5 Caractéristiques physiologiques de la tomate :	5
1.5.1 Les exigences climatiques :	5
1.5.2 Les exigences édaphiques :	6
1.6 Importance économique de la tomate :	6
1.6.1 Importance dans le monde :	6
1.6.2 Superficies et production de la tomate en Algérie :	7
1.7 principales maladies et ravageurs de la tomate :	7

CHAPITRE 2 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE NEMATODE MELOIDOGYNE SP	12
1. Généralité sur les nématodes phytoparasitaires :	12
2. Description morphologique du genre Meloidogyne sp :	12
3. Position systématique du genre Meloidogyne sp :	14
4. Distribution géographique de Meloidogyne	14
5. Cycle biologique des nématodes du genre Meloidogyne :	14
6. les symptômes :	16
6.1 Symptômes sur parties souterraines :	16
6.2 Symptômes sur les parties aériennes :	17
7. les méthodes de lutte contre Meloidogyne sp :	19
7.1 Méthodes physiques :	19
7.1.1 Désinfestation par la vapeur :	19
7.2 Méthodes culturales :	19
7.2.1 mesures sanitaires :	19
7.2.2 La rotation :	19
7.3 Lutte chimique :	19
7.4 les plantes résistantes :	20
7.5 Méthodes biologiques :	20
7.6 Lutte intégrée :	20
Chapitre 3 : Champignons nématophages	22
1 Définition :	22
2 mode et forme d'invasion des nématodes capturés :	22
3 Spécificité des champignons nématophages :	22
4 utilisations des champignons nématophages dans la lutte biologique :	23
CHAPITRE 4 : MATERIEL ET METHODES	25
1 Objectif du travail :	25
2 Choix des régions d'étude :	25
2.1 Région de Douaouda :	25
3 Présentation de la station d'étude :	25
4 Matériel et méthode :	25

4.1 Questionnaire :	25
4.2 Matériel :	25
A. Sur le terrain	25
B. Au laboratoire.....	25
4.3. Technique d'échantillonnage :.....	26
4.4 Milieu de culture PDA (potato dextrose Agar) :	28
4.5 Isolement des différentes espèces de champignons à partir du sol :.....	28
4.6 Conditions d'incubation :	28
4.7 Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites :	30
Chapitre 5 : Résultat et discussion	32
5. Résultat :	32
5.1 Importance de questionnaire :	32
5.1.1 Espèces des champignons nématophages prédateurs et parasites déterminées : ...	32
5.1.2 Description de différentes espèces de champignons nématophages :	32
5.1.3 la fréquence des champignons nématophages :	32
5.1.4. Comparaison des différentes fréquences des champignons nématophages de la région de Douaouda et la région de Fouka	36
5.1.5 Analyse statistique :	36
Discussion :	37
Conclusion Général :	40
Annexe	41
Références bibliographiques :	42

Table des matières

LISTE DES ABRÉVIATIONS

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et

l'agriculture

H : Humidité

C° : Degrée Celsius

EAC : Exploitation agricole collective

ANOVA : Analyse de la variance

Ph : Potentiel hydrogène

% : Pourcentage

LISTE DES FIGURES

Figure n° 1 - Différents stades des nématodes à galles (<i>Meloidogyne</i>).....	page 14
Figure n° 2 - Morphologie et organisation des différents stades de <i>Meloidogyne</i>	page 14
Figure n° 3 : Cycle biologique d'un nématode à galles du genre <i>Meloidogyne</i>	page 17
Figure n°4 : dégât de nématode à galles sur les racines.....	page 18
Figure n° 5 : Etat des serres prospectés et protocole de travail (original ,2020)	page 27
Figure n°6 : les différentes étapes du protocole expérimental au laboratoire	page 29
Figure n°7 : Différents champignons prédateurs et parasites de <i>Meloidogyne sp</i> identifiés dans la région d'étude.....	page 33
Figure n°8 : fréquence des champignons nématophages dans la région de Douaouda (Tomate Kawa profondeur 10 cm).....	page 34
Figure n°9 : Fréquence des champignons nématophages (tomate kawa profondeur 20 cm)....	p35
Figure n°10 : Fréquences comparatives des espèces de champignons nématophages (10 cm et 20 cm de profondeur)	page 35
Figure n°11 : Fréquences comparatives des espèces de champignons nématophages de la région de Fouka (10 cm et 20 cm de profondeur)	page 36
figure n°12 :Effet des profondeurs sur la répartition des champignons nématophages.....	page 36

LISTE DES PHOTOS

Photo n°1 : l'entrée de serres choisi.....	page27
Photo n°2 : l'état de serre prospecte (tomate)	page27
Photo n°3 : la phase de floraisons.....	page27
Photo n°4 : phase de fructification	page27
Photo n°5 : sol collecte.....	page27
Photo n°6 : prélèvement DE SOL.....	page27
Photo n° 7 : agar-agar	page 29
Photo n°8 : glucose	page 29
Photo n°9 : agitateur.....	page 29
Photo n°10 : flacons.....	page29
Photo n°11 : hottePAGE29
Photo n°12 : autoclave.....	page 29
Photo n°13 : coulage	page29
Photo n°14 : ensemencement	page29
Photo n°15 : étuve	page29
Photo n°16 : <i>Arthrobotrys</i>	page 33
Photo n°17 : <i>Stylopage</i>	page 33
Photo n°18 : Hyphe de champignon	page 33
Photo n°19 : <i>Dactylaria</i>	page 33
Photo n°20 : <i>Dactyllela</i>	page 33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Les dix Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde.	page 8
Tableau 2 : Les maladies bactériennes de la tomate	page 9
Tableau 3: Maladies virales de la tomate	page 9
Tableau 4 : Les principales maladies fongiques de la tomate	page 10
Tableau 5 : Ravageurs de la tomate.....	page 11

Résumés

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

Dans un contexte de l'infestation des cultures maraichères, les nématodes parasites des plantes sont toujours présents et susceptible d'interféré avec la croissance des plantes et la production de la culture, ils présentent des contraintes significatives en agriculture de subsistance et peuvent être difficiles à contrôler, le genre *Meloidogyne* est le plus redoutable.

Notre travail a pour objectif de la variation des champignons nématophages (prédateurs et parasites) des nématodes à galles *Meloidogyne sp* sur cultures maraichères. Cette étude était faite dans la région de Douauoda wilaya de Tipaza en fonction des différentes profondeur (**10cm et20 cm**).

Nous avons constaté que cette microflore présente une diversité, l'espèce la plus omniprésente est le *Stylopage* qui sa présence dépend de plusieurs facteurs.

Mots clés : *Meloidogyne sp*, champignons nématophages, cultures maraichères, nématodes à galles.

Summary :**Study of the variation of nematophagous fungi on vegetable crops**

In the context of the infestation of vegetable crops, plant parasitic nematodes are always present and likely to interfere with plant growth and crop production, they present significant constraints in subsistence agriculture and can be difficult to control. to control, the genus *Meloidogyne* is the most formidable.

Our work is aimed at the variation of nematophagous fungi (predators and parasites) of root-knot nematodes *meloidogyne sp* on vegetable crops. This study was carried out in the region of Douauoda wilaya of Tipaza according to the different depths (10 cm and 20 cm).

We have found that this microflora has a diversity, the most ubiquitous species is the stylopage which its presence depends on several factors.

Key words: *Meloidogyne sp*, nematophagous fungi, vegetable crops, nematodes in Wales.

ملخص :

دراسة تنوع الفطريات nématophages على محاصيل الخضار

في سياق غزو محاصيل الخضروات ، توجد النيماتودا الطفيلية النباتية دائمًا ومن المحتمل أن تتداخل مع نمو النبات وإنتاج المحاصيل ، فهي تمثل قيودًا كبيرة في زراعة الكفاف ويمكن أن يكون من الصعب السيطرة عليها ، فإن جنس *Meloidogyne sp* هو الأكثر رعبًا.

يهدف عملنا إلى تنوع الفطريات nématophages (الحيوانات المفترسة والطفيليات) من نيماتودا عقدة الجذر *Meloidogyne sp* على محاصيل الخضروات. أجريت هذه الدراسة في منطقة دواودة ولاية تيبازة على أعماق مختلفة (10 سم و 20 سم).

لقد وجدنا أن هذه البكتيريا لها تنوع ، وأكثر الأنواع انتشارًا هو أسلوب السيفالوتيان الذي يعتمد وجوده على عدة عوامل. الكلمات الأساسية : *Meloidogyne sp*: فطريات نيماتوفوسية ، محاصيل نباتية ، نيماتودا في ويلز.

Introduction

Introduction :

Dans le monde , la tomate occupe la deuxième place après la pomme de terre que ce soit dans la production ou la consommation (**Trichapoulou et Lagio ,1997 ; Lemoines, 1999**).

La plante est cultivée sous serre et en plein champ sur une superficie d'environ trois millions d'hectare (ha) ce qui présente près d'1/3 des surfaces mondiales consacrées aux légumes. (**Anonyme,2010**)

Cependant, cette culture est attaquée par plusieurs ravageurs, dont les nématodes à galles qui sont les plus redoutables (**Lamberti et al., 1975 ; sellami et al.,1999**).

Le *Meloidogyne sp* représentent un problème phytosanitaire majeur pour cette culture, leurs dégâts restent difficiles à établir (**Lamberti et al.,1997**), aussi bien dans les zones du littoral avec des pourcentages d'infestation allant de 49 à 100 % (**Mokabli ,1988 ; Sellami et al.,1999 et Nebih , 2000**) que dans les zones sahariennes (**Ighili, 1986 ; Nadji,1988**).

Application de méthodes de lutte classiques sans expérimentation préalable s'est soldée par des nombreux échecs, les traitements chimiques anarchiques utilisés contribuent à aggraver la situation.

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 ».

Plusieurs champignons sont nématophages et forment des organes de capture comme des anneaux de constriction par exemple : *Arthrobotrys irregularis*, *A. oligospora* ou encore *A. conoides*. D'autres sont des parasites pour les œufs de nématodes : *Paecilomyces lilacinus*, *P. fumosoroseus* et *Pochonia chlamydospora*. Des bactéries sont parasites de larves comme par exemple *Pasteuria penetrans* (**Caryol, 1983 ; Chen ; Dickson, 1998 ; Dijan-Caporalino, 2009 ; Barbary, 2014**). L'inconvénient de ces auxiliaires naturels reste le niveau d'efficacité, dépendant fortement du pH et de la composition du sol. De plus les interactions avec les nématodes sont très spécifiques. Le coût de développement et de production de ce type de produits est également à prendre en compte.

La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites emploie des organismes vivants antagonistes aux nématodes comme des champignons ou des bactéries (**Stirling, 1991 ; Davis et spiegel, 2011**) . Des différents types des champignons utilisés en lutte contre les nématodes phytoparasites ont été décrits telles que : Les champignons prédateurs comme *arthrobotrys irregularis*, hyphomycète qui est capable de piéger rapidement les juvéniles de nématode a galles (**cayrol,1981**). Les champignons ovicides comme *verticillium chlamydosporium*, qui attaquent les embryons dans les œufs de nématodes (**godoy et al., 1983 ; Kerry et al., 1984 ; Rodrigues-kabana et al., 1984 ; Kerry et deieu, 1991 ; de Leji et al., 1993**) .

C'est dans cette voie que nous avons voulu orienter notre travail qui touche deux aspects.

Le premier aspect, concerne l'enquête sur terrain permettant d'avoir une idée sur l'état des serres et l'application des produits chimique par les agriculteurs dans la région d'étude en adoptant un questionnaire adéquat.

Pour le deuxième aspect, il est consacré à l'étude de la microflore utile (champignons parasites et prédateurs des nématodes) en fonction des profondeurs (10cm, 20cm).

Première partie :

Analyses

bibliographiques

Chapitre 1 : Généralités sur la plante hôte :

1-La tomate :

1.1-Historiques et origines :

Originnaire du Nord-Ouest de l'Amérique du sud se situe le genre *Lycopersicon*, la tomate fut domestiquée au Mexique. Son introduction en Espagne et en Italie, puis dans les autres pays européens, remonte à la première moitié du XVIe siècle. À l'origine elle était cultivée par les Aztèques ; son nom provient de « tomatl » qui, dans la langue nahuatl parlée dans la région de Mexico, correspond à *Physalis philadelphica* - La tomatille- ; la tomate proprement dite *Lycopersicon esculentum*, était appelée « jitomalt » (Blancard, 2009).

1.2-classification botanique :

En 1753, le botaniste Suédois Linnaeus l'a nommée *Solanum lycopersicum*, mais 15 ans plus tard Philipe Miller a remplacé le nom donné par Linnaeus, par *Lycopersicon esculentum* (Taylor, 1986).

Munroe et Small (1997) rappellent que la tomate appartient à la classification suivante :

Sous-règne : *Trachiobionta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Sous-classe : *Asteridae*

Ordre : *Solanales*

Famille : *Solanaceae*

Genre : *Solanum*

Espèce : *Solanum lycopersicum*

1.3- description et morphologie de la tomate :

1.3.1-Graine :

Dans chaque fruit, les graines sont petites, nombreuses (environ 300 à 350 graines/gr), elles sont de 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large, 1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5 g (Shankara *et al.*, 2005).

1.3.2-Systèmes racinaires, tiges et feuilles :

Le système racinaire est très développé et pivotant avec de nombreuse racines. La plupart des racines se situe à une profondeur de 30 à 40 cm. En sol profond des racines peuvent être retrouvées jusqu'à un mètre (Chaux, 1994 ; Blamey *et al.*, 2007).

La tige est pleine et anguleuse, pousse jusqu'à une longueur de 2 m (**Shankara, 2005**).

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

1.3.3-Fleurs et fruits :

Les fleurs sont hermaphrodites (Les organes mâles et femelles sont dans la même fleur), en grappe et généralement de couleur jaune. Les pétales sont en partie soudés pour former une corolle étoilée. Les sépales sont verts. Les étamines sont jointes pour former un tube staminique et le pistil est caché dans ce tube (**Chaux, 1994 ; Blamey et al., 2007**). Les fruits sont de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu. La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. En général les fruits sont ronds et réguliers ou côtelés (**Shankara, et al., 2005**). Un fruit charnu renferme des graines appelées pépins, ces pépins sont entourés d'une sorte de mucilage provenant de l'enveloppe de la graine (**Polese, 2007**).

1.4 -Le cycle biologique de la tomate :

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

1.4.1-La germination :

La germination et le stade de levée qui mène la graine jusqu'à la jeune plante capable de croître normalement (**Corbineau et Core, 2006**). Chez la tomate la germination est épicée, nécessite une température ambiante d'environ 20°C et une humidité relative de 70 à 80% (**Chaux et Foury, 1994**).

1.4.2-La croissance :

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

En pépinière : De la levée jusqu'au stade 6 feuilles, on remarque l'apparition des racines et des prés feuilles ;

En plein champ : Après l'apparition des feuilles à photosynthèse intense et des racines, les plantes continuent leur croissance. La tige s'épaissit et augmente son nombre de feuille.

1.4.3- La floraison :

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

Selon **Benton (1999)**, la première inflorescence apparaît deux mois et demi environ après le semis.

La floraison chez la tomate commence du bas vers le haut. Ces fleurs étaient auparavant des boutons floraux. La floraison dépend de la photopériode, de la température et des besoins en éléments nutritifs de la plante.

1.4.4-La fructification et la maturité des fruits :

La fructification débute par la nouaison des fleurs de l'inflorescence du bas vers le haut. Les fruits mûrissent quand ils atteignent leurs tailles définitives et ils se colorent en jaune puis en rouge (**Benton, 1999**).

La lumière intense permet la synthèse active qui affecte la mise et la couleur des fruits, pour cela une température de 18 °C la nuit et 27°C le jour est favorable (**Ray et Costes, 1965 ; Shankara, 2005**).

1.5. Caractéristiques physiologiques de la tomate :

1.5.1. Les exigences climatiques :

L'apparition des différents organes de la plante (feuilles, tiges, rameaux, fleurs...), leur forme et leur croissance sont influencées par l'environnement et en particulier par le climat. Les conditions climatiques favorables à la production dépendent à la fois des variétés considérées et du stade de développement (**WACQUANT, 1995**).

A/La température :

D'origine tropicale, la plante de tomate réclame à l'évidence un minimum de chaleur et exposition ensoleillée ; elle craint le froid et est détruite au-dessous de 2 °C, mais les nouvelles variétés hybrides s'accommodent d'autres températures (**POLESE, 2007**). Les semences germent à une température supérieure à 14°C et inférieure à 40°C (**I.T.D.A.S, 2005**).

La température est le principal facteur déterminant le développement des bourgeons floraux après leur initiation (**HEUVELINK, 2005**). Les températures élevées favorisent la précocité de floraison, mais peuvent également induire l'avortement des bourgeons floraux ou leurs malformations, réduire la viabilité du pollen et par conséquent réduire le nombre de fruits (**DORAIS et al., 2001**).

La température optimale de développement se situe entre 22°C et 28°C. La tomate est sensible au gel et à des difficultés de nouaison au-dessous de 10°C (**I.T.D.A.S, 2005**).

B/ La Lumière :

Une forte quantité de lumière est nécessaire à la croissance et à la fructification de la plante. C'est pourquoi, en automne et en hiver, l'éclairage est un facteur limitant (**CHAUX, 1971**). La lumière intervient sur la croissance et la fructification de la tomate par sa durée, son intensité, et sa qualité 1200 heures d'insolation sont nécessaires pendant les six mois de végétation. Un éclairage de 14 heures par jour est nécessaire pour une bonne nouaison.

Toutefois la photopériode ne doit pas dépasser les 18 heures par jour (**I.T.C.M.I, 1995**).

C/L'humidité relative :

L'humidité de l'air est exprimée le plus souvent en humidité relative ou en déficit de saturation. L'humidité de l'air conditionne la transpiration et l'ensemble des échanges gazeux de la plante (**WACQUANT, 1995**). Une humidité relative de l'air de 60% convient à tous les stades de développement. Elle doit être surtout respectée au moment de la floraison où l'on peut craindre, par temps sec, une mauvaise réceptivité des stigmates et par hygrométrie excessive, une dissémination insuffisante du pollen (**CHAUX, 1971**).

1.5.2. Les exigences édaphiques :**A/ structure et texture du sol :**

La tomate se cultive dans presque tous les sols, depuis les terrains d'alluvions jusqu'aux terres argileuses les plus lourdes ; cependant nous dirons que les sols légers, perméables, meubles et riches en humus lui conviennent particulièrement bien. Ce facteur se révèle important pour les cultures de primeur. Les terres silico-argileuses, sablo-humifères et limono-humifères paraissent lui convenir très bien (**LAUMONIER, 1979**). Alors que les sols lourds, conservant plus longtemps la fraîcheur, conviennent aux cultures de saison, les cultures précoces préfèrent des sols légers qui s'échauffent rapidement en printemps (**CHAUX, 1971**).

B/ 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 (**SHANKARA, 2005**) ; des pH plus bas ou plus élevés peuvent induire des carences minérales ou des toxicités (**VAN DER VOSSEN et al., 2004**).

Le rendement varie peu avec la variation du pH, cependant, elle peut être cultivée sur des sols à pH basique, qui sont d'ailleurs les plus rencontrés en Algérie (**MERDACI et ATIA, 2006 in BELKACEMI et CHERBOUB 2008**).

C/ la salinité :

La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis à vis de la salinité. Lorsque la conductivité électrique (CE) est 2,5 g/l de sels totaux, le rendement baisse de 10 %. Cependant, la baisse du rendement peut atteindre 25 % à une salinité de l'ordre de 4 g/l (**CHIBANE, 1999**).

1.6- Importance économique de la tomate :**1.6.1-Importance dans le monde :**

La tomate a une valeur économique élevée (**Shankara, 2005**), elle est presque cultivée dans tous les pays du monde, plus de 140 millions de tonnes sont produites chaque année. La production est répartie dans toutes les zones climatiques, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri.

À l'échelle mondiale, la tomate est classée 2^{ème} culture légumière après la pomme de terre de par son volume de production. En effet, près de cinq millions d'hectares (4,98 million ha) sont réservés annuellement à cette culture avec une production de plus de 34 millions de tonnes (**FAO STAT, 2015**).

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

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

Selon (FAO Stat, 2014), les deux premiers pays producteurs mondiaux sont la Chine avec 33,9 millions de tonnes suivie de l'Inde avec 13,7 millions de tonnes.

1.6.2-Superficies et production de la tomate en Algérie :

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

1.7- principales maladies et ravageurs de la tomate :

A/ les maladies

Les cultures de tomates peuvent être affectées par diverses attaques de ravageurs (insectes, acariens, nématodes, etc.) et de maladies cryptogamiques, bactériennes ou virales, par la concurrence de mauvaises herbes et par des accidents de végétation ou des agressions abiotiques, dont l'importance varie selon le type de culture et les conditions climatiques.

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




Tableau n° 2 : Les maladies bactériennes de la tomate (Snoussi,2010)






Maladie	Nom scientifique	Symptômes et dégâts
Chancre bactérien	Clavibactermichiganensissub sp Michiganensis.	Flétrissement unilatéral sur feuille ,suivi d'un dessèchement totale des coupes longitudinales sur tige et pétioles .Sur fruits ,se forment des taches blanchâtres .
Moucheture de la tomate	Pseudomonas syringaepv .tomate.	Sur feuillage : Apparition des taches noires de contour irrégulier entourées d'un halo jaune .Les folioles se dessèchent et tombent.
Gale bactérienne	Xanthomonascompestrispv.vescatoria	De nombreuses taches entraînent le dessèchement de folioles et la chute des feuilles . Sur fruit ; de petits chancres pustuleux apparaissent et prennent un aspect liégeux.
Flétrissement bactérienne des solanacées	Pseudomonas solanacearum.	Flétrissement de type verticilium ou fusarium mais suivi de la mort très rapide de la plante.

Tableau n° 3: Maladies virales de la tomate (Snoussi,2010)

Maladie	Symptômes et dégâts
Virus de la mosaïque du tabac (TMV)	Transmis par la semence et par voie mécanique donnant des plages vert claire et vert foncé sur feuilles jeunes .
Virus de la mosaïque du tabac (PEPMV)	Donne des décolorations des feuilles et une stérilisation des inflorescences, également transmis par les semences et par voie mécanique .
Virus Y de la pomme de terre (PYN)	Donne des nécroses sur les feuilles avec dessèchement.
Stolbur	Maladie à mycoplasmes , reprise ici dans les maladies a virus car elle a des caractéristiques similaires symptômes de chloroses, prolifération des rameaux , réduction du feuillage , et transmission par les insectes .
Tomato chlorosiscrinivirus et Tomato infections chlorosiscrivirus (TICV) ,Tomato yellow leaf -crut (TYLCV).	Virus provoquant la crispation et jaunissement sur feuilles.

Tableau n°04 .Les principales maladies fongiques de la tomate (Cause *et al.*, 2000 ; Naika *et al.*, 2005)

Maladies	Symptômes	Causées par
Anthraxose	<p>Tâches plus ou moins circulaires de 1 cm avec un centre noirâtre sur les fruits mûrs.</p> 	Colletotrichum coccodes
Mildiou	<p>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</p> 	Phytophthora infestans
Verticilliose	<p>Jaunissement en forme de V des feuilles de bas en haut suivi d'un flétrissement avec un léger brunissement des vaisseaux après une coupe.</p> 	Verticillium albo-atrum
Alternariose	<p>Les fleurs et les jeunes fruits tombent.</p>	Alternaria solani

				
Flétrissure fusarienne*	Jaunissement des feuilles de bas en haut, apparition de racines avortées au bas de la tige, Tissus ligneux brun rougeâtre.			Fusarium oxysporum f.sp lycopersici
Pourriture des racines et du collet	Brunissement des racines, de leur cylindre central et des vaisseaux situés au niveau du pivot et du collet, Flétrissement juste avant la cueillette. Les feuilles hautes fanent avant les feuilles basses avec une décoloration jaune ou dorée. Les fruits n'ont pas leur brillance normale.			Fusarium oxysporum f.sp radicis-lycopersiei

B / les Ravageurs :

Tableau n°5 : Ravageurs de la tomate (Pyron, 2006)

Insectes et ravageurs	Nom scientifique	Symptômes et dégâts
Nématodes à galles	<i>Meloidogyne incognita</i> Chitwood et <i>Meloidogyne arenaria</i> Neal	Des galles sur les racines des plants
Acariens	<i>Tetranychus urticae</i> Koch et <i>T. cinnabarinus</i> Boisduval	La face inférieure des folioles devient brune à bronzée. Sur fruit, la peau présente des craquelures
Noctuelles terricoles et Noctuelles des fruits	<i>Agrostis segetum</i> Oberdorfer <i>Chloridea armigera</i> Hampson	Les jeunes chenilles dévorent le collet et entraînent la mort de la plante. Sur fruit, des galeries qui évoluent en pourriture

Aleurodes	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westwood et <i>Bemisia tabaci</i> Gennadius	Rabougrissement des apex et développement de fumagine sur le miellat produit par les larves, transmission des virus ToCV, TICV et TYLCV
Cicadelles	<i>Hialesther obsoletus</i>	Transmission du stolbur, mycoplasmosé
Mineuses	<i>Liriomyza trifolii</i> Burgess, <i>Liriomyza strigata</i> Meigen et <i>Tuta absoluta</i> Meyrick	Galleries dans le limbe des feuilles âgées par les larves
Pucerons	<i>Macrosiphon eueuphorbiae</i> Büning <i>Myzus persicae</i> Sulzer	Enroulement des feuilles, développement de la fumagine et transmission de virus CMV et PVY

C / Désordres physiologiques:

- Nécrose apicale Une tache brunâtre sur fruit qui se nécrose par la suite et provoque le dessèchement pistillaire du fruit.
- Tomate creuse Le fruit prend une forme triangulaire ou cordiforme. La chair est moins épaisse.
- Eclatement Des gerçures au niveau du collet qui peuvent évoluer en éclatement circulaire ou radial
- Blotchyripening_ Des plages verdâtres, irrégulières sur fruit, qui persistent même à maturité complète (**CHIBANE, 1999**).

D /Les mauvaises herbes :

Les mauvaises herbes devraient être contrôlées parce qu'elles concurrencent la culture de la tomate pour la lumière, l'eau, et les éléments nutritifs. Parfois ils jouent un rôle dans la transmission des maladies de tomate, comme le virus du TYLCV (**EZZAHIR et al., 2004**). Plus courte est la période où la parcelle est exempte d'adventices ou plus le désherbage intervient tardivement après la plantation, plus la diminution du poids sec et du nombre de fruits apparaît tôt (**WEAVER et TAN, 1983**).

Il convient donc pour maximiser le rendement de maintenir la parcelle propre pendant la période critique qui s'étale de la plantation à la floraison du troisième bouquet (**DUMAS et al., 1999**).

CHAPITRE 2 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE NEMATODE *Meloidogyne sp*

1-Généralité sur les nématodes phytoparasitaires :

Les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) sont extrêmement répandus ; on les rencontre dans toute la zone intertropicale et dans les régions tempérées chaudes (**Edongali et al., 1982**). Selon De Guiran & Netscher (**1970**), certaines espèces remontent même assez au Nord en Europe.

Parmi les 70 espèces de *Meloidogyne* ; *M. incognita*, *M. hapla*, *M. arenaria* et *M. javanica* sont les quatre espèces rapportées parasitant les racines de tomates (**Duval, 1993**).

Les nématodes à galles comptent parmi les principaux ennemis des plantes cultivées (**Edongali et al., 1982 ; Dalmaso et al., 1985**). En se basant sur les données d'incidence, sur la distribution, sur les densités des populations et sur les dégâts causés, les *Meloidogyne* ont été considérés par **Bafokuzara (1995)** comme étant les parasites les plus importants parmi d'autres espèces de nématodes, à savoir *Helicotylenchus* spp., *Scutellonema* spp., *Rotylenchulus* spp. et *Pratylenchus* spp.

2- Description morphologique du genre *Meloidogyne sp* :

Les nématodes phytoparasites (NPP) se trouvent généralement dans le sol ou à l'intérieur des cellules végétales racinaires et parfois foliaires, des tiges ou dans les semences. Les *Meloidogyne* présentent un dimorphisme sexuel. Les nématodes mâles ainsi que les larves sont vermiformes et pointus au niveau de la queue. Les femelles sont pyriformes, plus petites que les mâles, mais bien plus larges (**Perry et al., 2009**) (**Figure 1**). Les femelles font entre 0.4 et 1.3 mm de longueur et entre 325 et 700 µm de largeur tandis que les mâles mesurent entre 0.7 et 2 mm de long (**Eisenback & Triantaphyllou, 1991**). L'organisation générale des nématodes du genre *Meloidogyne* est illustrée par la **Figure 2 (De Guiran & Netscher, 1970)**. Ils se distinguent des autres groupes de nématodes du sol par la présence d'une pièce buccale spécialisée : le stylet qui leur sert à perforer les cellules végétales, à y injecter des enzymes lytiques et à en extraire la sève végétale, d'une manière très semblable aux aphidés (pucerons) (**Coyne et al., 2010**). Leurs glandes salivaires excrètent des substances qui peuvent produire des modifications dans les tissus. Ces sécrétions semblent jouer un rôle crucial dans l'infection et la formation de cellules de la plante hôte en site nourricier comme c'est le cas pour les nématodes à galles *Meloidogyne* et les nématodes à kystes Heterodera (**Hussey et al., 1994 ; Williamson & Gleason, 2003**). Les NPP pondent leurs œufs dans le sol ou dans les tissus racinaires.

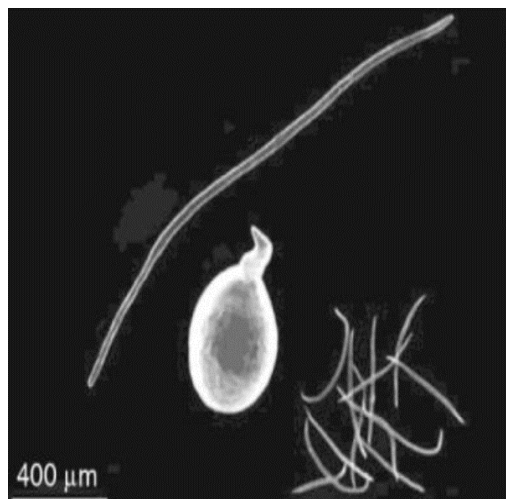


Figure n°1 - Différents stades des nématodes à galles (*Meloidogyne sp.*).
 Vue en microscopie électronique des dimensions de *Meloidogyne sp.* A gauche : mâle ;
 Au centre : femelle ; à droite : larves juvéniles J2 (Perry *et al.*, 2009).

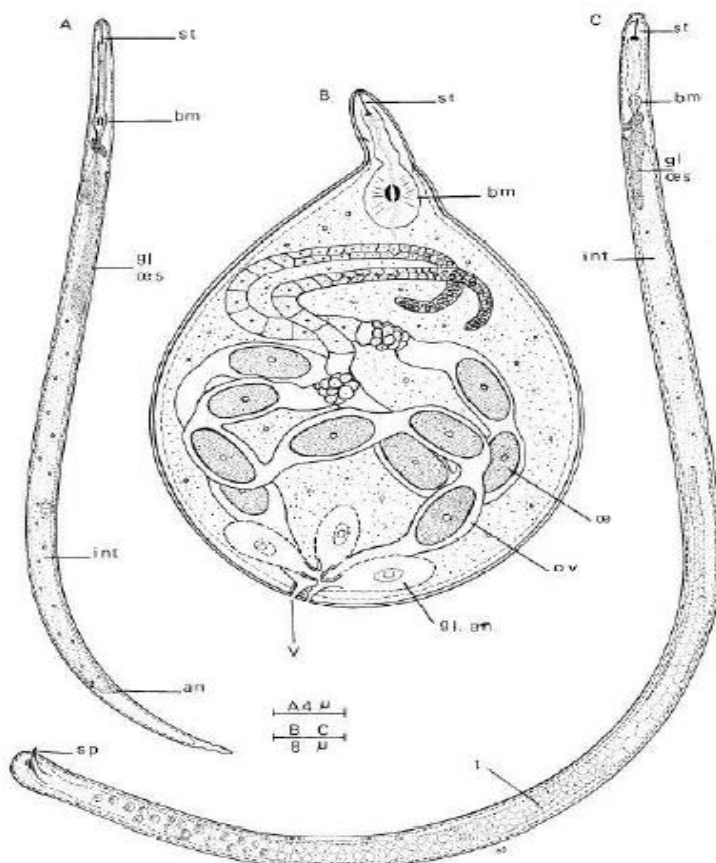


Figure n°2 - Morphologie et organisation des différents stades de *Meloidogyne sp.*
 A : stade juvénile ; B : femelle ; C : mâle. an : anus ; bm : bulbe médian ; gl. an. : glandes anales ; gl. oes. : glandes de l'oesophage ; int. : intestin ; oe. : oeuf ; ov. : ovaire ; sp. : spicules copulateurs ; st. : stylet ; t. : testicules ; v. : vulve. (De Guiran & Netscher, 1970).

3- Position systématique du genre *Meloidogyne sp* :

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

Embranchement : *Nematoda*

Classe : *Secernentea*

Ordre : *Tylenchida*

Sous-ordre : *Tylenchina*

Super-famille : *Tylenchoidea*

Famille : *Heteroderidae*

Sous-famille : *Meloidogynenae*

4 – Distribution géographique de *Meloidogyne sp* :

Les *Meloidogyne* se trouvent dans presque toutes les régions du monde aussi bien sur les cultures maraîchères, l'arboriculture fruitières que sur les plantes spontanées **Lamberti (1979)** a signalé sur les sept espèces de *Meloidogyne* rencontrées dans les régions à climat méditerranéen et subtropicale, que quatre espèces sont considérées redoutables de nombreuses cultures, ceux sont *Meloidogyne arenaria*, *M.javanica*, *M.inoignita*, *M.hapla*.

Appert et Deuse (1982) disent que les *Meloidogyne* sont très répandus dans toutes les régions intertropicales et tempérées chaudes.

5-Cycle biologique des nématodes du genre *Meloidogyne sp* :

Les nématodes *M. incognita*, ainsi que *M. arenaria* et *M. javanica*, sont des endoparasites obligatoires qui se reproduisent par parthénogénèse mitotique – autrement dit, sans reproduction sexuée. Les nématodes *M. incognita* se développent dans des gammes de températures entre 18 et 30°C avec un optimum à 27°C. Cependant, la majorité des populations est retrouvée dans des zones où la gamme de température moyenne annuelle est comprise entre 24-30°C (**Eisenback & Triantaphyllou, 1991**). La durée du cycle des *Meloidogyne* varie de 3 à 10 semaines en fonction des conditions environnementales (**Barbary, 2014**). Pour *M. incognita* sur tomate à une température de 29°C, les premières femelles adultes apparaissent au bout de 2 semaines (13-15 jours) ; et la première ponte au bout de 3 semaines (19-21 jours). Au cours de leur cycle, les nématodes vont passer par plusieurs stades successifs : quatre stades juvéniles et un stade adulte (Figure n°3).

Le cycle se compose de deux phases distinctes (**Barbary, 2014**).

a/ une phase exophyte, qui va de la ponte à la pénétration dans la racine ; durant laquelle les individus sont soumis aux conditions régies par le sol.

b/ Une phase endophyte, qui va du développement à la reproduction ; où les individus sont ici sous l'influence du milieu interne de la plante-hôte.

La phase exophyte, au niveau du sol, débute par l'éclosion des œufs et la libération des larves pré-parasitaires (J2). L'éclosion est spontanée, et n'est pas stimulée obligatoirement par la présence d'exsudats racinaires, contrairement aux larves issues de kystes comme les nématodes du genre *Heterodera* ; bien que la présence d'exsudats racinaires favorise l'éclosion des œufs de *Meloidogyne*. Ces larves correspondent au seul stade libre et infestant du cycle de vie. Toutefois, les œufs peuvent se conserver dans le sol et résister au froid et à la sécheresse. Le sol conserve alors un potentiel infectieux au cours de l'hiver ou pendant sa mise en repos. La phase endophyte commence par la pénétration des larves juvénile (J2) au niveau de la zone d'élongation de la racine. Celles-ci remontent jusqu'au niveau du cylindre central où ces dernières vont sédentariser et former un site nourricier. Ce site nourricier est à l'origine de la formation de la galle au niveau de la racine et correspond à une modification des quelques cellules qui entourent la tête de la larve juvénile (J2) formant un syncytium, plus communément appelé « cellule géante ». Les larves juvéniles vont subir successivement trois mues pour devenir adultes et se transformer en femelles pyriformes, ou plus rarement en mâles. La femelle pond les œufs à l'extérieur de la racine au sein d'une gangue mucilagineuse).

La quantité d'œufs au sein d'une même masse varie entre 300 et 3000 œufs (**Barbary, 2014**). Comme précisé précédemment, les œufs peuvent éclore de manière étalée dans le temps, et les larves libérées auront la capacité d'infecter une nouvelle plante – et rentreront dans un nouveau cycle (**Guiran et Netscher, 1970 ; Barbary, 2014**). (figure n°3)

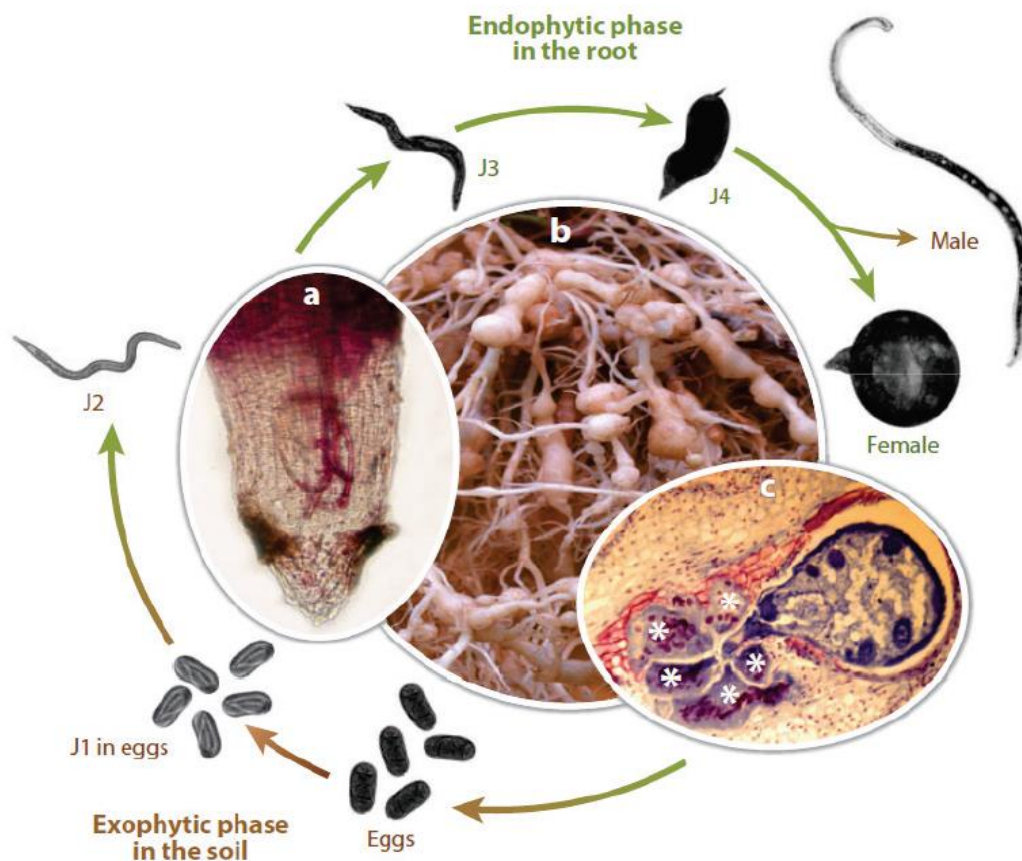


Figure n°03 : Cycle biologique d'un nématode à galles du genre *Meloidogyne sp* (d'après Coyne *et al.*, 2010)

a: Nématode dans la racine, remontant le cylindre central. b : galles racinaires. c : femelle et site nourricier constitué de plusieurs cellules géantes symbolisées par des astérisques. J1 à J4

6- les symptômes :

6-1/Symptômes sur parties souterraines :

Ils sont dus aux nématodes et sont parfois suffisamment spécifiques pour autoriser le diagnostic d'un problème nématologique. L'arrachage des plantes ou le dégagement des racines est nécessaire pour observer les symptômes. Les symptômes comprennent :

- Formation de galles
- Racines raccourcies, épaissies, enflées à leurs extrémités
- Lésions sur les racines
- Nécroses sur les racines et les tubercules, pourrissement et mort des racines
- Crevasses sur racines et tubercules
- Présence de kystes ou de 'perles' sur les racines
- Racines déformées
- Architecture racinaire altérée.

6.2-Symptômes sur les parties aériennes :

Le symptôme direct d'une attaque de nématodes *Meloidogyne* est caractérisé par la formation de galles (**Guiran & Netscher, 1970**). Leur nombre, leur forme et leur taille varient en fonction de l'espèce végétale hôte, de son âge physiologique, de l'espèce de nématode elle-même et de la densité de sa population. Une échelle de notation au champ, mise au point par Zeck en 1971, (**INRA, 2014**), permet de mesurer l'intensité des symptômes. Une note allant de 0 à 10 est alors attribuée. La présence de galles, entraînant une déformation des éléments vasculaires, est souvent accompagnée de symptômes sur les parties aériennes. L'alimentation en eau et en éléments minéraux de la plante est perturbée par la présence de nématodes qui en consomment une partie. La plante est également plus sensible à la sécheresse du fait de la réduction de son alimentation en eau. Les plantes infectées montrent alors des symptômes de flétrissements. L'infection de la plante entraîne donc des pertes de rendement (**De Guiran & Netscher, 1970**). Dans le cas extrême, la plante peut dépérir entraînant une perte totale de la production. (**figure n°4**)



Figure n°04 : dégât de nématode à galles sur les racines

7- les méthodes de lutte contre *Meloidogyne sp* :

7.1- Méthodes physiques :

7.1.1- Désinfestation par la vapeur :

Sur de petites surfaces, on peut envisager un traitement par la chaleur ou l'électricité. La chaleur est appliquée sous forme de vapeur injectée sous pression dans le sol, l'électricité aux moyens de conducteurs noyés dans le sol. L'un comme l'autre de ces moyens exigent un appareillage lourd, compliqué et coûteux. Ils ne sont utilisables que sur des surfaces restreintes : pépinières de petites dimensions, serres.

7.2- Méthodes culturales :

7.2.1- mesures sanitaires :

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

7.2.2- La rotation :

Selon Duvan **(1991)**, la rotation a été conseillée comme moyen de réduire les populations de nématodes, pour les cultures de tomate en champs, une rotation avec des fèves serait appropriée contre les nématodes. L'utilisation des plantes nématicides en relation avec des cultures donne de bons résultats. Lung **et al.**, **(1997)** ont utilisé le tagette comme plante nématicide ils ont remarqué que le tagette réduisait la densité des populations des nématodes de 95% après une période de culture de deux mois.

7.3- Lutte chimique :

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

Les premiers (débromoéthane, déchloropropène, dazomet, méthane, sodium,) tuent les nématodes en se volatilisant dans le sol. Très coûteux d'un emploi avant culture difficile. Les seconds (alidécarbe, carbofuran, oxamyl,) moins coûteux et plus faciles d'emploi, inhibent la pénétration des nématodes dans les plantes hôtes ces produits sont surtout efficace sur les nématodes en présence de leur plantes hôtes. **(Dalmaso et Missonnier 1986)**.

Les nématicides ne détruisent jamais tous les nématodes présents dans le sol.

Aussi il est nécessaire de traiter à nouveau quand on refait la même culture ; cela est coûteux et non sans risque pour la santé et l'environnement. Bernard (2002) explique que « malgré une désinfection totale des sols tous les 4 ans au bromure de méthyle, nous n'avons pas réussi à nous en débarrasser. Les nématodes survivent en profondeur puis remontent.

7.4- les plantes résistantes :

Longtemps basée sur l'utilisation des nématicides, la lutte contre le *Meloidogyne sp* s'oriente aujourd'hui vers la mise en culture des variétés résistantes qui réduisent les populations des sous leur seuil de nuisibilité (Castagnone, 2002). A l'heure actuelle de lutte la plus satisfaisante contre les nématodes du genre *Meloidogyne*, que ce soit en termes d'efficacité.

7.5- Méthodes biologiques :

Même si les nématodes phytoparasites, y compris leurs œufs, sont extrêmement bien protégés grâce à leur épaisse cuticule, ils sont dans des conditions naturelles, attaqués par beaucoup d'organismes ou de microorganismes du sol (Jatala, 1985). Certains de ces derniers sont prédateurs, d'autres sont parasites des nématodes.

Ce sont ces organismes, principalement des champignons et des bactéries, qui peuvent être utilisés en lutte biologique contre les nématodes (Brown et al, 1985).

D'après Caporalini et Mattei (1998), la lutte biologique contre les nématodes emploie des microorganismes en se basant sur un principe simple : « aider la nature ». Un large nombre de champignons piègent les nématodes constamment associés dans la rhizosphère, mais les plus importants sont inclus dans le genre : *Paecilomyces*, *Verticillium*, *Hersutella*, *Nematophthora*, *Arthrobotrys*, *Drechmeria*, *Fusarium* et *Monacrosporium* (Siddiqui et Mahmood, 1996).

7.6- Lutte intégrée :

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

La lutte intégrée suppose une approche en six étapes :

1. Identifier et connaître les alliés et les ennemis des cultures
2. Apprécier le contexte : régulièrement dépister (c'est-à-dire chercher systématiquement la présence d'ennemis des cultures) et évaluer la situation globale (conditions environnementales, abondance des organismes nuisibles et utiles, état de santé des plantes et stade de leur développement)
3. Utiliser des seuils d'intervention (c'est-à-dire maintenir les dégâts causés par les organismes nuisibles en dessous d'un niveau de nuisance économiquement acceptable, tout en favorisant leurs adversaires naturels).
4. Adapter l'écosystème en le rendant à la fois favorable aux organismes utiles mais non attractif pour les organismes nuisibles.
5. Combiner les méthodes de lutte (préventives ou curatives) dans un système intégré de défense des cultures.
6. Évaluer les actions mises en œuvre quant à leur adaptation, à leurs conséquences et à leur efficacité. **(Fritsch, 2001).**

Chapitre 3 : Champignons nématophages

1-Définition :

Ce sont les champignons qui ont la capacité de capturer de parasiter et paralyser les nématodes à tous les stades de leur cycle de vie. Ils jouent un rôle important comme antagonistes des nématodes parasites des plantes et des animaux. La plupart des champignons nématophages sont des parasites facultatifs, bien que certains sont des parasites obligatoires des nématodes (**Hallman *et al.*, 2009**). En se basant sur leurs mécanismes d'infection, ces champignons sont généralement subdivisés en quatre principaux groupes (**Yang et Zhang, 2014**) :

A/ Les champignons prédateurs des nématodes (environ 360 espèces) ; qui peuvent capturer le nématode vivant libre en utilisant les pièges.

b/ Les champignons endoparasite (environ 120 espèces) : qui infecte les nématodes à l'aide des spores adhésives.

c/ Les champignons produisant des toxines et des antibiotiques (environ 270 espèces) : ils secrètent une toxine qui immobilise le nématode avant la pénétration des hyphes à travers la cuticule de ce dernier.

d/ Les champignons parasite des œufs et des kystes : il infecte ces stades avec leurs hyphes (**Nordbring-Heartz *et al.*, 2006, Zhang *et al.*, 2011**)

2-Mode et forme d'invasion des nématodes capturés :

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

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

a) Les hyphes collants indifférenciés.

b) Les arceaux collants tridimensionnels.

3-Spécificité des champignons nématophages :

Les travaux que nous poursuivons depuis plusieurs années nous ont permis de constater que les différents champignons nématophages ne capturent chacun que des espèces de nématodes bien particulières. Cette spécificité paraît liée à trois facteurs fondamentaux : taille des pièges, pouvoir collant des sécrétions, affinités biochimiques entre le champignon et sa proie. (**Cayrol, 1980**).

4-L'utilisation des champignons nématophages dans la lutte biologique :

Plusieurs travaux ont mis en évidence l'efficacité des champignons nématophages dans la lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. Ainsi (Singh *et al*,2007) ont montré que l'application au sol des hyphomycetes prédateurs comme *Arthrobotrys dactyloides* et *Dactylaria bronchopaga* peut réduire l'indice de galles de *Meloidogyne sp* sur les racines de 86% et le nombre de femelles, oeufs et de juvéniles de 94%. Jacob (1997), étudie le comportement et la rapidité de piégeage de plusieurs espèces de champignons : *Arthrobotrys superba*, *A.dactyloides*, *Dactylaria candida*, *Hohenbuehelia petalodes* et *Paecilomyces lilacinus* envers *Meloidogyne sp* sur culture de tomate les résultats montrent que *A superba* est le plus rapide a piègé les L2 des *Meloidogyne sp*. Suivis par *A. dactyloides*, *D. cadida*, et *H. petalodes* semble indifférente et *P. lilacinus* infeste seulement les ceufs de *Meloidogyne sp*; il pense que *A. superba* et le seul champignon in vivo qui réduit le nombre de galles sur les racines de tomate sans endommager la plante.

Amin (2000), examine sous serre, l'efficacité d'*Arthrobotrys oligospora* et *Hirsutella mhossiliensis*,

Paecilomyces lilacinus et *Poesteunia* pénètrent vis à vis de *Meloidogyne incognita* sur la culture de tomate (variète Balca), chaque plant est inoculé par 2000L, les résultats observes sur le nombre de galles, les stades Vimmatures, le nombre de femelle et les masses d'oufs pondus montrent une réduction significative dans les différents traitements, mais *A oligospora* est le plus efficace contre *Meloidogyne incognita*. Les pourcentages de la réduction des galles et le nombre de femelles est de 66,6% et 72,0% respectivement après 10 semaines d'application comparé aux autres traitements

Khan et Goswami (2000), etudient les différentes doses de *Paecilomyces lilacinus* sur les ravageurs de la tomate (variété Pusa Ruby) *Meloidogyne incognita*, l'étude est faite sous serres.

20 jours après le semis les plants de tomate sont transplantés dans des pots contenant différents doses de *Paecilomyces lilacinus*: (2, 4, 6,8 et 10g/kg de sol) et 2000L2 / kg de sol et les pots témoins ne contenant que les larves (L).

Deuxième partie :

Expérimentation

CHAPITRE 4 : MATERIEL ET METHODES

4.1. Objectif du travail :

L'étude a été faite sur la région de Douaouda (Tipaza), cette région est à haut risque d'infestation par les nématodes à galles.

Donc nous avons essayé de faire une prospection des différentes E.A.C (exploitation agricole collective) visités afin de faire un constat sur l'état des serres ,les cultures précédentes ,les variétés utilisées et les produits chimiques appliqués. Cela en choisissant un questionnaire approprié.

En plus nous essayons d'inventorier les champignons prédateurs et parasites de nématode (*Meloidogyne sp*) présent dans le sol sur deux profondeurs (10 cm et 20 cm).

4.2-Choix des régions d'étude :

4.2.1. Région de Douaouda :

Les cultures maraichères occupent une place très importante à l'agriculture Algérien pour cela nous avons choisi la culture de tomate (Douaouda).

4.3. Présentation de la stations d'étude :

Cette dernière est composée de deux sous-ensembles distincts géographiquement, Douaouda ville et Douaouda Marine, avec une superficie de 1211 ha.

Douaouda marine : le domaine littoral s'étend sur 669 ha dont 322 urbaines et une façade littorale de 4,13 km et un linéaire terrestre de 5,97 km.

4.4. Matériel et méthode :

4.4.1. Questionnaire :

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

4.4.2. Matériel : Pour effectuer notre étude nous avons utilisé le matériel suivant :

A. Sur le terrain :

Une tarière

Des sachets en plastique

Des étiquettes

Marqueur

Règle graduée

B. Au laboratoire

Sol

Boites de pétri

Cristalliseur

Etiquettes

Flacons

Para film

Eau distillée

Alcool et coton

Marqueur

Hotte

Agitateur

Microscope

Autoclave

Balance

Clés de détermination

Appareil photo

4.4.3. Technique d'échantillonnage :

La technique d'échantillonnage consiste à prélever à l'aide d'une tarière environ 300g -500g à deux profondeurs (10cm- 20cm) à l'intérieur de chaque serre, en suit on met ces derniers dans des sachets en plastique, chaque échantillon est muni d'une étiquette (indiquant la date, le lieu, la culture, profondeur et le type de sol). Les échantillons sont ensuite apportés au laboratoire. **(Fig n°5)**



Photo n°1 : l'entrée de serres choisies



photo n°2 : l'état de serres prospectées (tomate)



Photo n°3 : phase de floraison



photo n°4 : phase de fructification



photo n°5 : sol collecté



photo n°6 : prélèvement de sol

Fig n° 5 : Etat des serres prospectées et protocole de travail (original ,2020)

4.4.4. Milieu de culture PDA (potato dextrose Agar) :

La gélose glucosée à l'extrait de pomme de terre (PDA) est utilisée pour favoriser le développement des champignons, elle est composée du bouillon de pomme de terre qui est récupéré comme suit :

- laver et peser les pommes de terre, puis les couper en petites morceaux.
- Faire bouillir entre 15 à 20 minutes, jusqu'à ce qu'elles soient tendres.
- Retire les pommes de terre et récupérer le bouillon, le mettre dans un cristalliseur.
- Ajouter 20g de glucose et 20g d'agar et l'eau distillée jusqu'à obtention 1l.
- Mettre le milieu PDA sur l'agitateur magnétique pendant 20 minutes pour qu'il soit homogène.
- Couler dans 5 flacons de 250ml ; puis fermer les flacons et les mettre dans l'autoclave pendant 20 minutes à température 120° pour la stérilisation **(Fig n°6)**.

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

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

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

La deuxième étape après la solidification du milieu dans les boîtes de Pétri, nous ensemençons le sol à la surface du milieu, puis on ferme les boîtes avec un para -film et les inversées afin d'éviter le risque de contamination par les gouttelettes d'eau accumuler sur le couvercle. **(Fig n°6)**

4.4.6. Conditions d'incubation :

Nous avons déposé les boîtes préparées pendant dix jours dans l'étuve à une température de 25° C, qui est favorable au développement des champignons nématophages. **(Fig n°6)**



photo n° 7 : Agar-agar



photo n°8 : Glucose



photo n°9 : Agitateur



photo n°10 : Flacons



photo n°11 : Hotte



photo n°12 : Autoclave

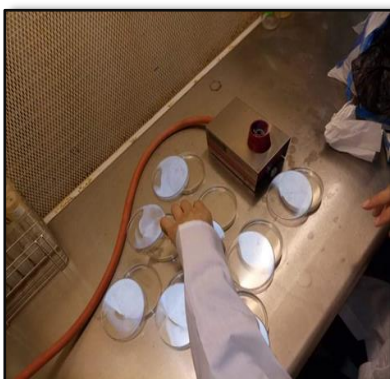


photo n°13 : Coulage



photo n°14 : Ensemencement



photo n°15 : Etuve

Fig n°6 : les différentes étapes du protocole expérimental au laboratoire

(original , 2020)

4.4.7. Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites :

Pour déterminer les 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 conidiophores.

Les boutons adhésifs.

Les conidies.

Les mycéliums perforants.

Les chlamydospores.

Résultats et Discussion

Chapitre 5 : Résultat et discussion :

5.1- Résultat :

5.1.1-Importance de questionnaire :

Le questionnaire que nous avons préparé nous a permis d'avoir une idée générale sur les stations que nous avons visitées. Nous avons constaté que les serres de la région de Douaouda ont été construites il n'y a pas très longtemps, elles sont (5-6 ans). L'utilisation des produits chimiques se fait chaque année aussi bien que les engrais et les fumigants.

5.1.2.1-Especies des champignons nématophages prédateurs et parasites déterminées :

D'après les différentes clés de détermination nous avons pu répertorier 4 genres de champignons nématophages (prédatrice et parasites) : *Arthrobotrys*, *Dactylaria*, *Stylopage* et *Dactyllela* (fig. n°7).

5.1.2.2- Description de différentes espèces de champignons nématophages :

Dactylaria : conidiophores plus ou moins érigés, simples, courts, parfois peu différenciés du mycélium, des hyalines, des 2 à plusieurs ; des cylindriques ou des clavés, parfois plus longs et célibataires au sommet ; saprophytes ou parasites sur les nématodes.

Dactyllela : conidiophores grand, mince, simple, hyalin, conidies, hyalines, à plusieurs cellules, ellipsoïdes, fusoides ou cylindriques, portés à l'apex ou dans grappe lâche sur des denticules proéminents ; saprophytes ou parasites sur les nématodes.

Stylopage : le genre *Stylopage* est caractérisé par des conidies unicellulaires allongées. Il peut présenter des hyphes et des boutons adhésifs (**Bamat et Hunter 1998**).

Arthrobotrys : c'est un champignon prédateur, il existe trois espèces de ce genre : *A. Oligospora*, *A. Musiformis* et *A. Dactyloïdes*. Ils sont caractérisés soit par des conidies, chlamydospores ou par des conidiophores (**Nordbring Hertz,1979 ; Bukey,1986 ; Barnet et Hunter,1998**).



Photo n°16 : *Arthrobotrys*



photo n°17 : *Stylopage*

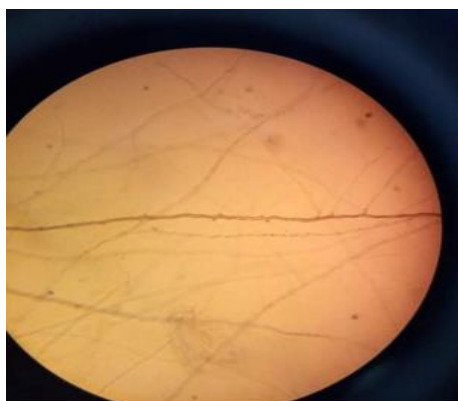
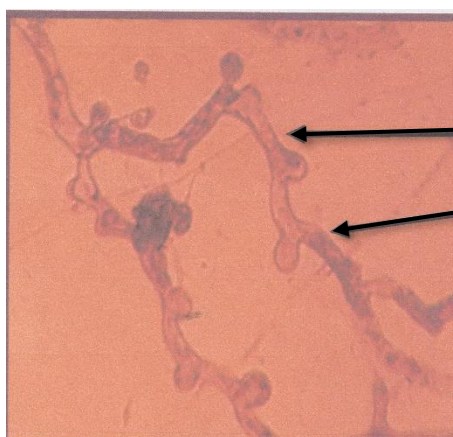


Photo n°18 : Hyphe de champignon



photo n°19 : *Dactylaria*



Chlamydospore

Photo n°20 : *Dactyllela*

Fig n°7 : Différents champignons prédateurs et parasites de *Meloidogyne sp* identifiés dans la région d'étude (Original,2020)

5.1.3- la fréquence des champignons nématophages :

Dans notre travail nous avons constaté que les différents genres de champignons nématophages

Parasites et prédateurs présentent une différence fréquentielle par rapport à leurs présences dans

les boites de Pétri (quatre répétitions) pour cela nous avons calculé cette fréquence comme suit :

Absence d'espèce : 0%

Espèce présente dans une seule répétition : 25%

Espèce présente dans deux répétitions : 50%

Espèce présente dans trois répétitions : 75%

Espèce présente dans toutes les répétitions : 100%

- **Région de Douaouda (tomate kawa 10 cm de profondeur) :**

Nous avons identifié trois genres de champignons nématophages prédateurs et parasites :

Stylopaga avec une fréquence de 100% ; 50% pour ***Arthrobotrys*** et ***Dactylaria*** à 25% .
(fig. n°8)

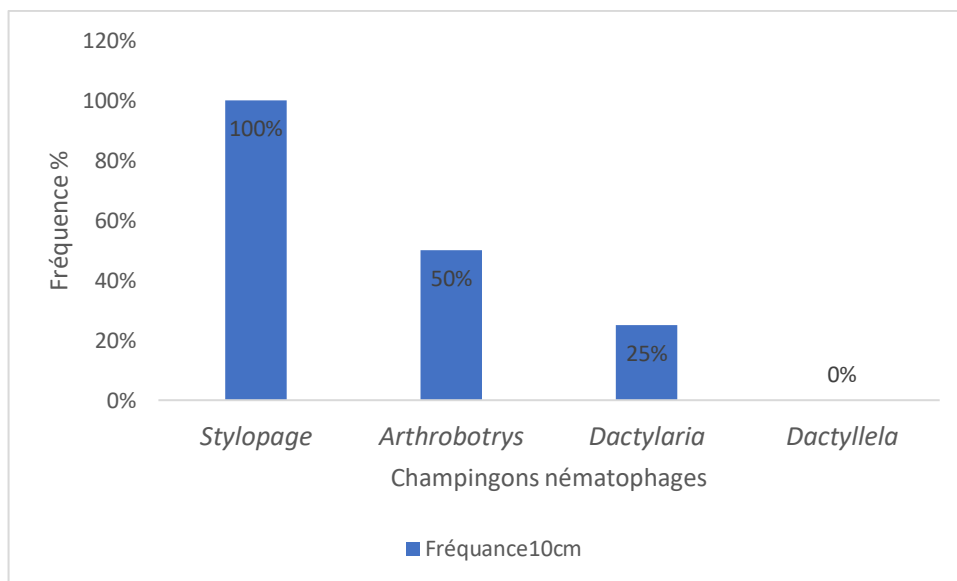


Fig n°8 : fréquence des champignons nématophages dans la région de Douaouda (Tomate Kawa profondeur 10 cm).

- **Région Douaouda (tomate kawa profondeur 20 cm) :**

Nous avons identifié quatre genres de champignon nématophage :

Stylopaga avec une fréquence de 100% ; ***Arthrobotrys*** à 75% ***Dactyllela*** 50%, et ***Dactylaria*** à 25%.
(Fig n° 9)

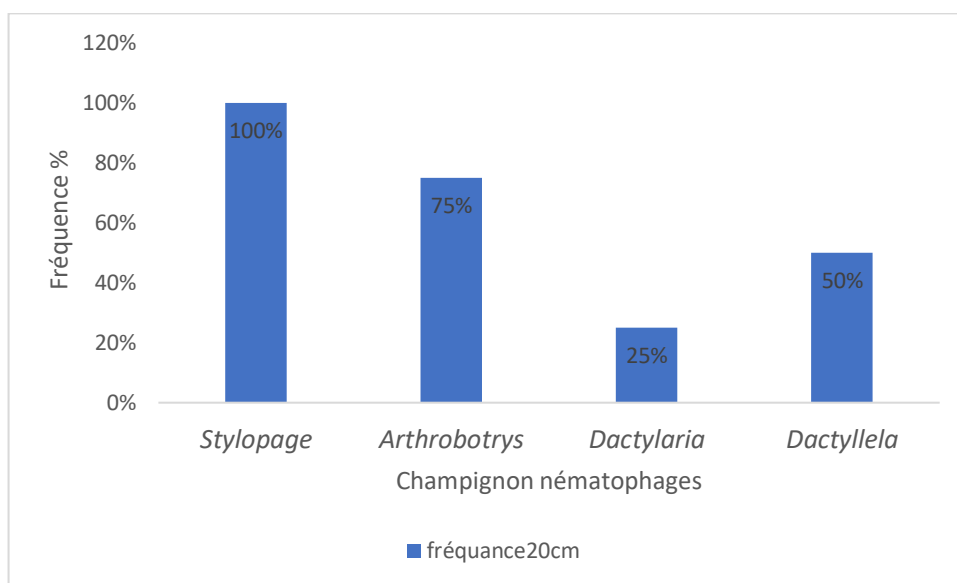


Fig n°9 : Fréquence des champignons nématophages (tomate kawa profondeur 20 cm).

- Région Douaouda (tomate kawa 10 cm, 20 cm de profondeur)

Selon la **fig n°10** la région de Douaouda dans les deux profondeurs présente un nombre Genre de champignons nématophages différents : deux genres dans une profondeur de 10 cm et deux genres dans profondeur de 20 cm, avec une fréquence identique de ***Stylopaga*** à 100% et ***Dactylaria*** à 25%.

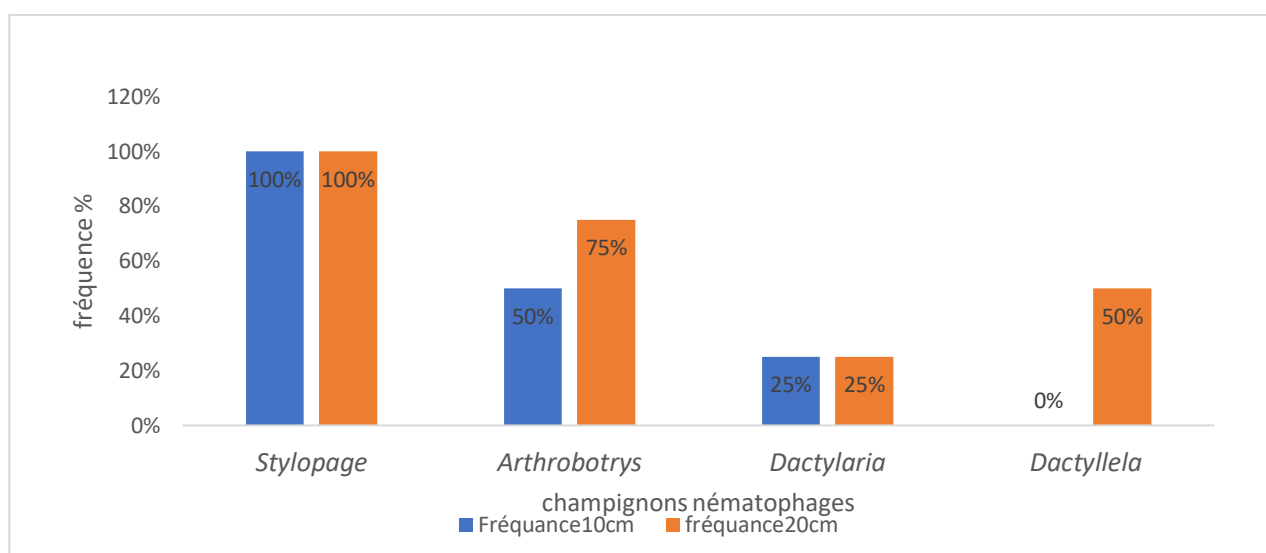


Fig n°10 : Fréquences comparatives des genres de champignons nématophages (10 cm et 20 cm de profondeur)

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

Des études récentes sont effectuées au niveau de la station Fouka marine wilaya de Tipaza dont la réalisation d'un inventaire des genres de champignons nématophages (prédateurs et parasites).(Hociene,2020)

Dans la région de Fouka : Selon l'histogramme on note qu'il y a deux genres :

Arthrobotrys avec une fréquence de 50% à 10cm de profondeur et une fréquence de 100% à 20cm de profondeur.

Stylopage présente une fréquence de 75% dans 10cm de profondeur et 50% dans 20cm respectivement.

Nous pouvons dire que la région de Fouka est moins diversifiée par les champignons nématophages que la région de Douaouda.(fig n°11)

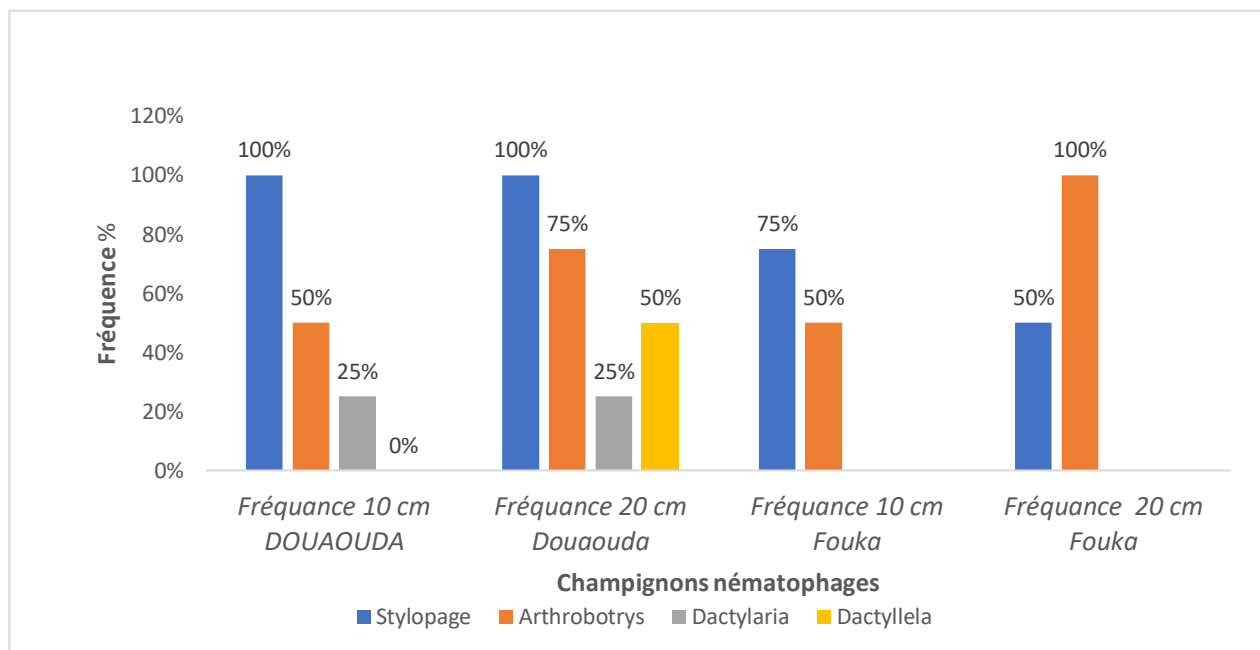


Fig n°11 : Fréquences comparatives des genres de champignons nématophages de la région de Fouka et la région de Douaouda (10 cm et 20 cm de profondeur)

5.1.5 –Analyse statistique :

Le test ANOVA appliqué à la répartition globale des champignons nématophages identifiés en fonction des profondeurs (10cm -20cm) (figure n°10) montre que la valeur de probabilité étant supérieure au seuil de signification de 0.05, donc nous avons une différence non significative, car la différence entre les deux profondeurs (p=0.9, p=0.5 très loin de 0.05).

	Fréquence10cm	Fréquence_20cm
Fréquence10cm	0	0,51
Fréquence_20cm	0,9909	0

Figure n°12 : Effet des profondeurs sur la répartition des champignons nématophages

Discussion :

Sur la base de l'importance des cultures maraichères et plus précisément la culture de tomate qui occupe une place très importante en Algérie dans le marché de légumes ainsi que l'effet variétale et la résistance de la culture aux différents ravageurs, nous avons choisi la région de Douaouda la wilaya de Tipaza, cette dernière est à haut risque d'infestation par les nématodes à galles (*Meloidogyne sp.*).

Nous avons commencé notre travail par une enquête (questionnaire) visant à collecter des informations sur l'état de serre (le nom, le nombre, type de sol, les cultures précédentes et sur place les variétés et les produits chimiques utilisées).

En dernier nous avons inventorié des champignons nématophages prédateurs et parasites.

Nous avons noté que les agriculteurs utilisent les pesticides sans tenir compte de l'état d'infestation de sol par le *Meloidogyne* cela montre que l'intervention chimique dans les régions d'étude systématique et anarchique. Cette dernière provoque un déséquilibre écologique de la faune de sol.

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

Les produits fumigants (Bromure de méthyle, Chloropicrine, Dibrométhane, Dichloropropène) ou les précurseurs de fumigants (Dazomet, Metham-sodium) utilisés pour la désinfection préventive de sol, polluent des nappes phréatiques et laissant, eux aussi les résidus dangereux pour les consommateurs (**Bougerra 1993**).

La région de Douaouda sont caractérisées par un sol Argileux. Pour le Ph il varie entre (7-7.14) est un PH favorable pour le dévalent des champignons nématophages.

Selon **Krentzes(1965)** note 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 (**Iarouche ,1993**).

D'après **Aite -Hamza (2016)** les amendements minéraux (NPK), la matière organique, l'acidité et la texture argileuse des substrats ont un impact non négligeable sur les organismes tellurique.

Après les différentes clés de détermination nous avons pu répertorier Quatre genres de champignons nématophages (prédatrice et parasites) : **Arthrobotrys, Dactylaria, Stylopage et Dactellela**.

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

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

Nous pouvons dire que la région de Douaouda présente un certain nombre de champignons nématophages qui pourraient être utile en lutte biologique. Car cette dernière est un moyen susceptible de remplacer la lutte chimique.

Conclusion général

Conclusion :

A travers la prospection menée à notre région de Douaouda, on peut dire que le sol de cette région est argileux respectivement son PH varie entre 7 et 7.4, le plus souvent riche en élément fertilisant et retient l'eau, ces facteurs sont favorables aux développements des nématodes à galles.

Au terme de ce travail, nous sommes intéressé à l'Etude de la variation des champignons nématophages sur cultures maraichères ”.

Nous avons pu répertorier 4 genres de champignons nématophage : *Arthrobotrys* ; *Dactylaria*, *Stylopaga* et *Dactyllela*.

Nous constatons que les différents champignons nématophages présentent une diversité, le genre le plus représenté est *Stylopaga* dans les deux profondeurs (10cm et 20cm), était l'un des nombreux genres dont l'augmentation de la densité des sols.

L'utilisation du fumier et des engrais est pratique dans tous les domaines, la matière organique peut également protéger les microorganismes du sol contre l'action des fumigants car certains microorganismes possèdent des structures de survies et résistent à la fumigation surtout certains champignons qui peuvent être capables d'initier le repeuplement.

En outre, il serait intéressant de confirmer que la matière organique n'est pas à elle seule un moyen de survie des champignons, d'autres facteurs sont importants. Comme l'utilisation des pratique culturales a un effet favorable sur la croissance, la distribution et la survie des champignons

Notons enfin que cette étude nous a permis de mettre en évidence et d'attirer l'attention sur l'opportunité de l'utilisation des champignons nématophages (prédateurs et parasites) en lutte biologique.

Il est indispensable de développer ces moyens de lutte car les nématicides chimiques représentent un danger pour l'environnement et même provoquent la résistance du nuisible. Nous disposons d'une microflore très diverses capables de donner de bons résultats car les études ont montré qu'il faut disposer de souches locales.

Annexe

Voila notre questionnaire :

Région : Douaouda

Domaine : culture de légumes et fruits

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

Privé : oui

Nombre de serre : 18

Nature du sol : argileux

Précédent cultural : fraisier / cantalou

La culture en place : Tomate

La variété : kawa

Méthodes culturales utilisées : moderne

Principe de la désinfection des sols :

- Produits utilisés : produit chimique exp :Velliron 6 (chélate de fer 6%) , ABAC, Rivacol 70 , Aliette flash .
- Sur combien d'années : 4 ans – 5 ans
- Période d'utilisation du produit : Le soir
- Matériel utilisé :
 - Pal. Injecteur
 - Pal. Inj. Tracté
 - Seau

Ancienneté de la serre : 4 ans – 5ans

Irrigation utilisée : Goutte à goutte

La fertilisation : sol fertile

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 Parasitisme 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. *GRAB (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.

15. **CAYROL J. C., 1981**-Nouvel agent nématophage et procédé pour maîtriser la croissance des nématodes du genre *Meloidogyne*. 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 southren 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 Mnagement 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 *Meloidogyne nassi* 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 sol inhabiting Nematodes in vitro. *J. Prasit*, 40, p.p 1-18.
27. **GIANNAKOU I.O., ANASTASIADIS I.A., GOWEN S.R. et PROPHETOUATHANASIADOU D.A., 2007**-*Effects of a non- chemical nematicide combined with soil solarization for the control of root-knot nematodes*. *Crop protection* 26, 1644-1654.
28. **GOWEN S. R et AHMED R., 1990**- *Pasteuria penetrans* for control of pathogenic nematodes. *Asp. Appl. Biol.* 24: 25- 31.
29. **GOWEN S. R et TZORTZAKAKIS E. A., 1994**-Biological control of *Meloidogyne* spp, with *Pasteuria penetrans*. *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.
31. **HARTMAN R.W., 1970**-Maona Wonder, new root-knot nematode resistant to pole beam. *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'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro Paris Tech, p. 264.
- 34. Hociene . N et Aissaoui . M ., (2020) –** *Prospection sur l'infestation des cultures maraichères par les Meloidogyne (Nematoda, Meloidogynidae) et leurs ennemies naturels.* Rapport. Université Saad Dahleb , Blida, 66p.
- 35. INHGHAM 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.
- 36. JEPSON S.B., 1987-** *Identification of root-knot nematodes (Meloidogyne species).* Ed.CAB International, Wllingford, p. 265.
- 37. 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.*
- 38. 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.
- 39. 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.
- 40. JONSSON H.B. and LOPEZ-LIORCA L. V., 2001-** *Biology of nemato-phagous fungi. In: Mycology: Trichomyces other fungal groups and mushrooms.* Ed. Misra J.K and Horn B.W., Science Publishers: 145-173.
- 41. KOLEV N., 1976-***Les cultures maraichères en Algérie. Tome I. Légumes fruits.* Ed. Ministre de l'Agriculture et des Reformes Agricoles, p. 52.
- 42. LATIGUI A., 1984-***Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée.* Thèse Magister. INA El-Harrach.
- 43. LAUMONNIER R., 1979-***Culture légumière et maraîchère. Tome III.* Ed. Bailliere et fils. Paris, p. 305.
- 44. LORRAIN R., 1998.** Sur la biologie des nématodes. *Revue Horticole*,398 : 14-15.
- 45. MCSORLEY R., 1999-** Host suitability of potential cover crops for root-knot nematodes. *J. Nematol.* 31 : 619-623.
- 46. MINAUD J.,1972.** Eléments pratiques conditionnant le choix d'une méthode de lutte contre les nématodes. *Rev . Phytoma*, 240, p.p 13-19.
- 47. 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.
- 48. OVERMAN A. J., 1964-**The effect of temperature and flooding on nematode survival in fallow sandy soil. *Soil Crop Sci.* 34 : 197-200.
- 49. PERON J., 2006-** *la production légumière.* Ed. Lavoisier. Paris, p.p 578-592.

50. PLOEG A.T., 1999-Greenhouse studies on the effect of marigolds (*Tagetes* spp.) on four *Meloidogyne* species. *J. Nematol.* 31: 62-69.
51. 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 pathogeninicty of *M. graminicola* on rice cultivar UPL R15. *Rev. Nematol.*, 41, p.p 219-228.
52. REDDY P., 1983- *Plant nematology*. Ed. Agri. Publ. Acad. India, p. 287.
53. 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.
54. REY Y. et COSTES C., 1965- *La physiologie de la tomate, étude bibliographique*. INRA, p. 111.
55. RHOADES H.L., 1982- Effect of temperature on survival of *Meloidogyne incognita* in flooded and fallow muck soil. *Nematropica* 12 : 33-37.
56. 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.
57. 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.
58. SIDDIQUI Z. A. et IRCHADI M., 1996- Biological control of plant parastic nematodes by fungi. *Bioresource Technology*, 58: 229-239.
59. SIDDIQUI I.A., SHAUKAT S.S. et HAMID M.,2002-Role of Zinc in Rhizobacteria mediated suppression of root infecting fungi and root-knot nematode. *Phytopathology*, n°15, p.p 569-575.
60. STARR M.P et SAYRE R.M., 1988.- *Pasteuria thornei* 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.
61. STIRLING G. R., 1985-Host specificity of *Pasteuria penetrans* within the genus *Meloidogyne*. *Nematologica*, 31: 203- 209.
62. 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.
63. STRILING G. R., 1991- *Biological Control of Nematodes: Progress Problems and prospects*. Ed CAB International, Wallingford Oxon, p. 282.
64. STURHAN D., 1988-New host and geographical records of nematode parasitic bacteria of the *Pasteuria penetrans* group. *Nematologica*, 34: 350-356.
- 65.Snousi S.A.(2010)-*Etude de base sur la tomate en Algérie* .Rapport. Université Saad Dahleb , Blida, 53p.

- 66. 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.
- 67. TAYLOR A.L., SASSER J N., 1978-** Biology, Identification and control of root knot nematodes (*Meloidogyne* species), North Caroline State University graphic, p.111.
- 68. THORNE G., 1961-** *Principle of Nematology*. McGraw-Hill Book Company, Inc.USA, P. 553.
- 69. VALLOTON R.,1983.** La lutte biologique contre les nématodes parasites. *Rev. Agri*. Vol.15, N°6, p.p 263-267.
- 70. VAN GUNDY, S. D., BIRD, A. F. et WALLACE, H. R., 1967-** Aging and starvation in larvae of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchus semipenetrans*. *Phytopatholgy*, 57, p.p 559-571.
- 71. WHITEHEAD A.G., 1998-***Plant nematode control*. Ed. CAB International, p. 384.
- 72. WRIGHT D. J., 1981-** *Nematicides: Mode of action and new approaches to chemical control*. ED. Academic Press, London and New York, p. p.421-449.
- 73. ZUANG A., 1982-** *La fertilisation des cultures légumières*. Ed I: N.V.U.F.L.E.C, Paris, p. 393.