

# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

## وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

### المدرسة الوطنية العليا للفلاحة، الحراش، الجزائر

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE , EL HARRACH, ALGER

## THESE

En vue de l'obtention de Doctorat en Sciences Agronomiques

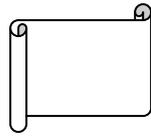
Présentée par Miloud HAMMACHE

**Bio écologie des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* (*Tylenchida, Meloidogynidae*) sous serres en Algérie. Amélioration des méthodes de lutte par la résistance culturale.**

Présentée devant le jury composé de :

Mme DOUMANDJI MITICHE B.	Professeur ENSA, El Harrach	Présidente
M. DOUMANDJI S.	Professeur ENSA, El Harrach	Directeur de thèse
Mme MOUHOUCHE F.	Professeur ENSA, El Harrach	Examinatrice
M. MOKABLI A.	Maître de conf. Univ. K. Miliana	Examinateur
M. KOUDJIL M.	Maître de conf. Univ. Chlef	Examinateur
M. DOUAOUI A.	Professeur Institut K. Miliana	Examinateur

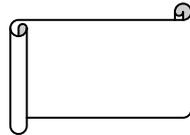
Soutenu le 02 /VII/ 2012



## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à la  
mémoire de mon père Said et à la  
mémoire de mon frère Rabah.*

*Je le dédie également à ma mère  
Chaima Nedjari.*



## **Remerciements**

*Mes remerciements s'adressent en premier lieu à **ALLAH** le tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonté pour arriver à finaliser ce modeste travail.*

*Cette thèse a été réalisée dans le cadre de mes travaux de recherche PNR 1 dont j'ai été responsable, le projet CNEPRU sous la responsabilité de monsieur Mokabli A., Maître de Conférences et le laboratoire de recherche sur la protection des végétaux en milieu naturel et cultivé sous la responsabilité de monsieur Doumandji S., Professeur au Département de Zoologie Agricole et Forestière. Plusieurs essais ont eu lieu à l'INPV d'El Harrach et à L'ITCMI sans oublier bien sûr l'ENSA (ex INA). J'exprime toute ma reconnaissance aux responsables et tout le personnel de ces institutions pour m'avoir permis de réaliser ces travaux. Mes remerciements vont encore à toute l'équipe de Nématologie de l'INRA de Rennes en particulier Mugniery Didier directeur de recherche et Fouville Didier, technicien du laboratoire pour leur accueil chaleureux et leur aide.*

*Je tiens à remercier vivement le Professeur Doyen du département de Zoologie Agricole et Forestière monsieur Doumandji Salaheddine qui m'a soutenu, encouragé et encadré pendant ce long parcours de doctorant. Sa sympathie, sa patience et son savoir faire m'ont beaucoup aidé et m'ont donné beaucoup de courage pour que je puisse finaliser ce travail. Je n'oublierai jamais ses conseils, sa disponibilité et sa rigueur qui m'ont beaucoup apporté sur le plan professionnel.*

*Ma reconnaissance et mes remerciements les plus vifs vont également à Mme Doumandji-Mitiche B. Professeur à l'ENSA El Harrach et Chef de Département de Zoologie Agricole pour l'honneur qu'elle me fait en consacrant le temps nécessaire pour présider ce jury. Elle avait hâte de me voir soutenir ma thèse de Doctorat. Je lui exprime ici ma profonde gratitude.*

*Ma reconnaissance et mes chaleureux remerciements à ceux qui ont bien voulu faire partie du jury et qui trouvent toujours les mots qu'il fallait pour doper le doctorant dans les moments les plus difficiles. Leur soutien et leur encouragement étaient pour moi plus que bénéfiques :*

- *Mme Mouhouche F. Professeur au département de Zoologie (Phytopharmacie) pour son aide, ses encouragements. Je la remercie pour tout.*
- *M. Mokabli A., Maître de Conférences de l'ex INA, au département de Zoologie Agricole (Nématologie) et Directeur à l'institut des sciences de la terre et de la nature à l'Université de Kemis Miliana. Qu'il trouve ici ma grande considération ainsi que ma reconnaissance d'avoir accepté de faire partie du jury.*
- *M. Koudjil M., Maître de Conférences à l'Université de Chlef. Il a accepté sans hésiter d'être un membre pour examiner et évaluer mon travail.*
- *M. Douaoui A. Professeur Pédologue à l'université de Khemis Miliana. Très favorable pour joindre l'équipe des examinateurs de cette thèse. Une reconnaissance particulière pour les personnes qui travaillent bien à l'ombre.*

*Qu'ils trouvent, tous, mes profonds respects.*

*Que Messieurs Khelifi L., Abdelguerfi A., Chakali G. Professeurs à l'ENSA d'El Harrach et tous les autres collègues, trouvent ma profonde gratitude et reconnaissance pour tout ce qu'ils ont fait pour arriver enfin à terminer ce travail.*

*A tous les Etudiants et les Etudiantes de l'ENSA qui m'ont encouragé et qui ont vraiment souhaité que je termine ce travail, je leur souhaite une réussite dans leur vie dans tous les domaines (vie estudiantine ou professionnelle). Je leur dis merci beaucoup.  
Qu'il me soit permis également de remercier tous ceux qui participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## Sommaire

### Remerciements

### Articles et communications

### Liste des figures dans le texte

### Liste des tableaux dans le texte

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I - Matériels et méthodes .....</b>	<b>6</b>
1.1. - Choix de la région du Littoral centre (Alger et Tipasa).....	8
1.1.1. – Description des stations retenues.....	8
a) – Station de Bordj El Kiffan.....	8
b) – Station de Staouéli.....	9
c) – Station de Tipasa.....	9
1.2. – Travail de laboratoire.....	11
1.2.1. – Etude morphométrique des populations de <i>Meloidogyne</i> .....	11
1.2.1.1. - Identification des espèces de <i>Meloidogyne</i> sur la base de la figure périnéale (Pattern).....	11
1.2.1.2. - Montage des figures périnéales des femelles de <i>Meloidogyne</i> .....	11
1.3. - Quelques aspects de la bioécologie des <i>Meloidogyne</i> .....	12
1.3.1. - Fécondité des <i>Meloidogyne</i> .....	12
1.3.2. - Etude de l'éclosion des œufs de <i>Meloidogyne</i> .....	13
1.3.3. – Travail sur le terrain et présentation des modèles biologiques.....	14
1.3.3.1. – Echantillonnages sur le terrain.....	14
1.3.3.2. - Développement des <i>Meloidogyne</i> en fonction de quelques types de sol.....	15
1.3.3.2.1. - Matériel végétal.....	15
1.3.3.2.1. – Sols testés.....	15
1.3.3.2.3. – Nématodes phytoparasites concernés par cette étude.....	16
1.3.3.2.4. – Analyses agronomiques .....	17
1.3.3.2.5. - Dispositif expérimental et analyses statistiques.....	17
1.4. - Etude de la résistance des variétés des cultures maraîchères vis-à-vis des <i>Meloidogyne</i> .....	19
1.4.1. - Premier essai : Comportement des variétés de Cucurbitacées (melon et concombre) et	

la tomate vis-à-vis d'un inoculum de <i>Meloidogyne</i> .....	19
1.4.1.1. - Matériel biologique.....	19
1.4.1.2. - Champ d'expérimentation.....	20
1.4.1.3. - Matériel végétal.....	20
* Melon : variété Charantais.....	20
* Concombre : variété Marketer.....	20
* Tomate : variété Neptune.....	21
* Tomate : variété Narita.....	21
1.4.1.4. - Récolte des juvéniles (J2) de <i>Meloidogyne</i> .....	22
1.4.1.5. - Dispositif expérimental.....	22
1.4.1.6. - Préparation du sol.....	23
1.4.1.7. - Préparation des plantules.....	23
1.4.1.8. - Technique de dénombrement des larves de <i>Meloidogyne</i> .....	23
1.4.1.9. - Technique d'inoculation des larves infestantes de <i>Meloidogyne</i> .....	23
1.4.2. - Deuxième essai : comportement des variétés de piment poivron associées aux variétés de tomate vis-à-vis d'un inoculum de <i>Meloidogyne</i> .....	25
1.4.2.1. - Matériel et méthode.....	25
1.4.2.2. - Dispositif expérimental.....	26
1.5. – Etude de la microflore utile dans la lutte biologique contre les nématodes phytoparasites.....	27
1.5.1. - Choix des régions d'études et des cultures.....	27
1.5.2. - Caractères des différentes régions.....	27
1.5.2.1. - La région de Bordj El Kiffan.....	27
1.5.2.2. - La région de Staoueli.....	27
1.5.3. - Préparation du milieu de culture.....	28
1.5.4. - Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites.....	28
1.6. - Méthodes de lutte contre les nématodes à galles du genre <i>Meloidogyne</i> .....	29
1.6.1. - Essai de lutte contre les nématodes à galles.....	29
1.6.2. - Champ d'expérimentation.....	29
1.6.3. - Dispositif expérimental.....	29
1.7. - Analyses statistiques utilisées.....	32
<b>Chapitre II – Résultats</b> .....	34
2.1. - Détermination des espèces de <i>Meloidogyne</i> .....	34
2.2. - Etude de la fécondité des espèces de <i>Meloidogyne</i> .....	38

2.2.1. - Eclosion des œufs de <i>Meloidogyne</i> .....	40
2.3. - Effet de quelques types de sols sur le comportement des nématodes à galles ( <i>Meloidogyne</i> ).....	41
2.3.1. - Caractéristiques physico-chimiques des sols testés.....	41
2.3.2. - Evolution de la population de <i>Meloidogyne</i> .....	42
2.3.3. - Réaction de la plante vis-à-vis des espèces de <i>Meloidogyne</i> dans les différents types de sols.....	44
2.4. - Premier essai : Comportement des variétés cultivées de tomate (neptune et narita) en comparaison avec les Cucurbitaceae (concombre var. markete; melon var. charantais,) vis-à-vis d'une population de 3000 J2 de <i>Meloidogyne</i> .....	45
2.4.1.- Indice de vigueur moyen.....	45
2.4.2. – Paramètres liés à l'évolution de la population de <i>Meloidogyne</i> sur la culture.....	46
2.4.2.1. – Indice de galle en fin de culture.....	46
2.4.2.2. – Nombre de nématodes par stade de développement.....	47
2.5. – Deuxième essai : comportement des variétés de tomate en comparaison avec les piments et poivrons à l'égard d'un inoculum de 6.000 J2 de <i>Meloidogyne</i> .....	48
2.5.1. – Indice de vigueur des plants.....	49
2.5.1.1. - Cas des deux variétés de tomate (dona et fandango).....	48
2.5.1.2. – Cas des deux variétés de piment et poivron (lipari et esterel) : Indice de vigueur des deux variétés.....	49
2.6. - Etude de la microflore utile des sols des différentes régions prospectées.....	53
2.6.1. - Espèces des champignons prédateurs et parasites des nématodes répertoriées.....	53
2.6.2. - Présentation fréquentielle des différentes espèces de champignons utiles dans les différents domaines à différentes profondeurs et différents sols.....	53
2.6.2.1. - Région de Staoueli.....	53
2.6.2.1.1. - Sols non traités à 10, 20 et 30 cm de profondeur (témoins).....	53
2.6.2.1.2. - Sols traités à 10, 20 et 30 cm de profondeur.....	56
2.6.2.2. - Dans la région de Bordj El Kiffan : Sols non traités (témoins).....	59
2.6.2.3. – Dans la région de Bordj El Kiffan : Sols traités.....	62
2.7. - Méthodes de lutte contre les <i>Meloidogyne</i> .....	65
2.7.1. - Indice de vigueur .....	65
2.7.1. - Indice de galles moyen.....	65
2.7.2. - Effet des différents traitements sur l'évolution de la nématofaune.....	67

<b>Chapitre III – Discussions sur les nématodes à galles du genre <i>Meloidogyne</i> dans les régions de Bordj El Kiffan, de Staouéli et de Tipasa.....</b>	<b>69</b>
3.1. - Espèces inventoriées dans les stations d'étude.....	69
3.2. - Quelques éléments de la biologie des <i>Meloidogyne</i> .....	70
3.2.1. - Fécondité des <i>Meloidogyne</i> dans les régions prospectées.....	70
3.2.2. - Ecllosion des œufs de <i>Meloidogyne</i> .....	71
3.2.3. - Aspects bioécologiques des <i>Meloidogyne</i> : Effet des différents types de sols étudiés sur les populations des <i>Meloidogyne</i> .....	71
3.3. - Discussion sur la résistance des variétés de tomate associées aux Cucurbitacées, au piment et poivron cultivés en Algérie.....	72
3.3.1. - Défenses naturelles des plantes : mécanismes généraux.....	75
3.3.2. - Utilisation des variétés résistantes dans la lutte contre les <i>Meloidogyne</i> .....	77
3.4. – Importance de la microflore utile dans les régions prospectées.....	78
3.5. - Discussion sur les méthodes de lutte contre les <i>Meloidogyne</i> .....	83
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>86</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>92</b>
<b>Résumés.....</b>	<b>103</b>

## **Publications :**

- 1) Hammache M., 2010 : - Influence de quelques types des sols algériens sur le développement des nématodes à galles ; *Meloidogyne incognita*, *M.javanica* et *M.arenaria* (Tylenchida, Meloidogynidae). *CNRS Liban*. Vol. 11 (2) : 47- 60.
- 2) Hammache M. et Smaha D., 2007 : - Etude de l'infestation des cultures maraîchères par les nématodes à galles (Tylenchida, Meloidogynidae). *Ed. Inst. nat. de la vulg. agr.* Rev. Agriculture et développement, (5) : 61 - 66.

## **Communications Orales internationales:**

- 1) Hammache M. et Smaha D. 2004 : Contribution to the study of stage of leguminous plants in greenhouses by root *Meloidogyne* in some regions of Algerois coastal. 3<sup>rd</sup> Balkan symposium on vegetables and potatoes held in Bursa- Turkey on September 06-10.
- 2) Hammache M. ;: Etude de la sensibilité de sept variétés de pomme de terre cultivées en Algérie vis-à-vis des nématodes à galles du genre *Meloidogyne*. Sém. Intern. sur l'amél. des product. végét. Alger, 06 Déc. 2005.
- 3) Hammache M. : Influence de quelques caractères des sols algériens sur le développement des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* (*Nematoda*, *Meloidogynidae*). Cong. Intern. d'Entomologie et de Nématologie, Alger, 17 Av. 2006.
- 4) Hammache M.: Etude préliminaire de quelques aspects de la lutte biologique contre les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*. Journées Intern. sur la Zool. agri. et forest. Alger, 10 Av. 2007.

## **Communications Orales Nationales :**

- 1) Hammache M. 1997 : Etude des différentes méthodes de lutte contre les *Meloidogyne* sous serres en Algérie. Alger, INA., IIème journée de Protection des Végétaux, 15-17 Mars 1997.
- 2) Yezli M. et Hammache M. ; 1997 : Recherche des milieux de culture pour une production massive du champignon nématophage *Arthrobotrys irregularis*. Alger, INA., IIème journée de Protection des Végétaux, 15-17 Mars 1997.
- 3) Smaha D. et Hammache M., 1997 : Contribution à l'étude de l'état d'infestation des cultures maraîchères sous abris-serres par les *Meloidogyne* dans quelques régions du littoral algérois. Alger, INA., IIème journée de Protection des Végétaux, 15-17 Mars 1997.
- 4) Hammache M. et Merah F., 2004 : Réponse de deux variétés de tomate à l'infestation de trois populations de *Meloidogyne sp.* Alger, INA., Ième journée de Protection des Végétaux, 15-17 Mars

## **Présentation de posters:**

- 1) Marniche F. et Hammache M. ; 1997 : Bio- écologie des *Meloidogyne sp.* dans la région de Staoueli. Alger, INA., IIème journée de Protection des Végétaux, 15-17 Mars 1997.

2) Marniche F. et Hammache M. ; 1997 : Etude du comportement de deux variétés de tomate nouvellement introduites en Algérie vis-à-vis de *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria*. Alger, INA., IIème journées de Protection des Végétaux, 15-17 Mars 1997.

3) Yezli M. et Hammache M. : Etude de l'agressivité des souches d'*Arthrobotrys irregularis* (souches algériennes) vis-à-vis des larves de *Meloidogyne incognita*. Alger, INA., IIème journées de Protection des Végétaux, 15-17 Mars 1997.

<b>Liste des figures</b>	<b>Page</b>
Fig. 1 : Diagramme ombrothermique de région du littoral du centre du pays (Alger, Tipasa).....	7
Fig. 2 : Régions de Bordj El Kiffan (zones de développement du maraîchage).....	8
Fig. 3 : Régions de Staoueli à vocation maraîchère.....	9
Fig.4 : Régions maraîchères de Tipasa.....	10
Fig. 5 : Technique de montage des figures périnéales (pattern) pour la détermination des espèces de <i>Meloidogyne</i> .....	12
Fig. 6 : Technique de comptage des œufs contenus dans la masse gélatineuse pour l'étude de la fécondité.....	13
Fig. 7 : Embryogénèse et éclosion des œufs de <i>Meloidogyne</i> (Original).....	13
Fig. 8 : Dispositif expérimentale de l'essai sur l'effet des types de sols sur le développement des <i>Meloidogyne</i> .....	18
Fig. 9 : Technique utilisée pour l'obtention des juvéniles infestantes (J2).....	21
Fig. 10 : Premier essai de la résistance des variétés cultivées vis-à-vis des <i>Meloidogyne</i> .....	22
Fig. 11 : Technique d'inoculation des juvéniles infestantes dans des pots.....	24
Fig. 12 : Dispositif expérimentale du deuxième essai sur le comportement des variétés en fonction d'une population de <i>Meloidogyne</i> .....	26
Fig. 16 : Figures périnéales (Pattern) des espèces de <i>Meloidogyne</i> identifiées dans les régions d'étude.....	35
Fig. 17 – Mensurations des œufs, des larves de deuxième stade et des femelles des trois espèces de <i>Meloidogyne</i> .....	37
Fig. 18 – Mensurations des femelles des trois espèces de <i>Meloidogyne</i> rencontrées dans les régions d'étude (Gros. 10 X 25).....	38
Fig. 19 – Fréquences relatives des pontes de <i>Meloidogyne</i> .....	39
Fig. 20 – Eclosion des œufs de <i>Meloidogyne</i> .....	39
Fig. 21 – Classes des pontes de <i>Meloidogyne</i> .....	40
Fig. 22 – Pourcentage granulométrique des différents types de sol.....	42
Fig. 23 – Evolution de l'indice de galles en fonction des types de sol.....	42
Fig. 24 – Evolution du nombre d'œufs dans les racines en fonction des types de sol.....	42
Fig. 25 – Evolution du nb. de J2 et de J3 en fonction des trois types de sol.....	43

Fig. 26 – Evolution du nombre de mâles et de femelles en fonction des trois types de sol....	43
Fig. 27 – Evolution de la population des <i>Meloidogyne</i> dans les différents types sol.....	43
Fig. 29 – Evolution de l'indice de vigueur moyen (I.V.M.) en fonction des variétés testées..	46
Fig. 30 – Evolution de l'indice de galles moyen (I.G.M.) des variétés testées.....	47
Fig. 31- Evolution de la population des <i>Meloidogyne</i> en fonction des variétés testées.....	48
Fig. 32 – Indice de vigueur moyen des variétés testées.....	49
Fig. 33 – Indice de galles moyen (I.G.M.) des variétés testées.....	50
Fig. 34 – Pourcentage d'infestation des variétés testées.....	50
Fig. 35 – Nombres d'œufs des variétés testées.....	50
Fig. 36 – Nombre de juvéniles par 5 grammes de racine.....	50
Fig. 37 – Nombre de femelles par 5 grammes de racine.....	51
Fig. 38 – Dessin des différentes espèces identifiées dans les régions d'étude.....	53
Fig. 39 – Fréquences des espèces de champignons dans les sols non traités à 10 cm de profondeur à Staoueli.....	55
Fig. 40 – Fréquences des espèces de champignons dans les sols non traités à 20 cm de profondeur à Staoueli.....	55
Fig. 41 – Fréquences des espèces de champignons dans les sols non traités à 30 cm de profondeur à Staoueli.....	55
Fig. 42 - Fréquences des espèces de champignons dans les sols traités avec le D.D. fumig., l'Ethop. Et le Cadusap. à 10 cm de profondeur à Staoueli.....	58
Fig. 43 - Fréquences des espèces de champignons dans les sols traités avec le D.D. fumig., l'Ethop. Et le Cadusap. à 20 cm de profondeur à Staoueli.....	58
Fig. 44 - Fréquences des espèces de champignons dans les sols traités avec le D.D. fumig., l'Ethop. Et le Cadusap. à 30 cm de profondeur à Staoueli.....	58
Fig. 45 - Fréquences des espèces de champignons dans les sols non traités à 10 cm de profondeur à Bordj El Kiffan.....	61
Fig. 46 - Fréquences des espèces de champignons dans les sols non traités à 20 cm de profondeur à Bordj El Kiffan.....	61

Fig.47 - Fréquences des espèces de champignons dans les sols non traités à 30 cm de profondeur à Bordj El Kiffan.....	61
Fig. 48 - Fréquences des espèces de champignons dans les sols traités avec le D.D. fumig., l’Ethop. Et le Cadusap. à 10 cm de profondeur à Bordj El Kiffan.....	64
Fig. 49 - Fréquences des espèces de champignons dans les sols traités avec le D.D. fumig., l’Ethop. Et le Cadusap. à 20 cm de profondeur à Bordj El Kiffan .....	64
Fig. 50 - Fréquences des espèces de champignons dans les sols traités avec le D.D. fumig., l’Ethop. Et le Cadusap. à 30 cm de profondeur à Bordj El Kiffan .....	64
Fig. 51- Evaluation de l’indice de vigueur (I.V.M.) en fin de culture en fonction des différents traitements.....	66
Fig. 52 – Indice de galles moyen (I.G.M) en fin de culture en fonction des différents traitements.....	67
Fig. 53 – Effet des différents traitements sur la population des <i>Meloidogyne</i> .....	68

### Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> – Caractéristiques des variétés utilisées pour le deuxième essai.....	26
<b>Tableau 2.</b> - Mesures de la longueur et de la largeur des œufs et des juvéniles de <i>Meloidogyne</i> .....	36
<b>Tableau 3.</b> - Mesures de la longueur et de la largeur des corps des femelles de <i>Meloidogyne</i> .....	36
<b>Tableau 4 :</b> Fécondité des <i>Meloidogyne</i> en fonction des classes de fécondité.....	38
<b>Tableau 5</b> - Résultats des analyses chimiques de trois types de sol.....	41

## **Introduction générale**

La stratégie de développement agricole de l'Algérie a pour objectif la réduction de la dépendance alimentaire et en même temps faire face à une demande de plus en plus croissante du marché national. La politique agricole algérienne a opté pour le développement des cultures sous abris serres à haute valeur ajoutée, associées aux cultures de plein champ pour une production suffisante et étalée sur toute l'année. Les besoins des ménages algériens en légumes frais sont importants et en nette évolution sur le marché national où l'offre est de plus de quatre millions de tonnes par an, tous produits confondus, soit un ratio de 130 kilogrammes par an, par habitant (kg/an/hab.). La gamme de légumes cultivés est diversifiée, mais la tomate représente plus de 65 % et les légumes-feuilles environ 20 % des surfaces consacrées aux cultures maraîchères. Dans le monde, la production de la tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Mill) est supérieure à 65 millions de tonnes produites sur environ 9,5 millions d'hectares. La tomate est la première production légumière au monde, représentant environ 15% de la production légumière totale (CHAUX et FOURY, 1999). Elle est répartie dans toutes les zones climatiques, y compris les régions les plus froides où elle est cultivée sous serre.

En Algérie, à titre d'exemple, la production nette de la tomate avoisine 830.000 t./an en 2002, avec un ratio de 27 kg/hab./an, qui est un faible volume de production comparé à celui des pays voisins, Tunisie et Maroc. Actuellement les rendements de la culture de tomate surtout sous-serres sont en nette augmentation pour atteindre en moyenne 100 à 150 tonnes par ha en Algérie. Bien plus au Maroc avec la tomate long life, 300 tonnes par ha correspondant à 10 mois de culture sur 12 sont attendues. Les cultures maraîchères représentent une spéculation agricole importante en Algérie, tant du point de vue consommation par la population que de celui du rapport financier pour les agriculteurs et les intermédiaires commerciaux. Le développement des cultures maraîchères permet de subvenir en grande partie aux besoins de la consommation nationale, la part exportée étant minime. Ces cultures ont connu une nette évolution dans les régions de Maghnia, de Mostaganem, de Chlef, d'Ain Defla, de Tipasa, d'Alger, de Boumerdes, de Jijel, de Skikda, d'Annaba et d'El Taref. De même un effort notable est à mentionner pour les régions du sud telles que celles de Biskra, de Touggourt, d'Ouargla et d'Adrar. Ce système de production favorable aux cultures avec des températures et une hygrométrie optimale permet malheureusement le développement de plusieurs ravageurs parmi les insectes, les acariens et les nématodes ainsi que l'essor de maladies bactériennes, fongiques et virales. Malgré l'augmentation des surfaces cultivées chaque année surtout sous serres, les données permettant le contrôle de certains facteurs limitants qui

portent un grave préjudice à ce système de production ne sont pas disponibles. Les agriculteurs continuent toujours à utiliser des méthodes traditionnelles et archaïques de production qui ne répondent pas aux normes internationales ce qui permet la pullulation de divers déprédateurs. Avec ces productions assez satisfaisantes, plusieurs facteurs tendent à les limiter. Les déprédateurs représentent une contrainte non négligeable. En particulier des insectes, des acariens et des nématodes phytoparasites constituent des groupes majeurs de ravageurs sur les cultures maraîchères en Algérie. En cas d'infestation, les dommages peuvent aller d'une petite baisse de rendement à l'anéantissement de la récolte (EDER *et al.*, 2010). Parmi ces derniers, les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* (Goldi, 1877), représentent l'un des plus importants problèmes phytosanitaires dans ces conditions. En effet, la serre est un environnement particulièrement favorable pour le développement de divers ennemis des cultures. C'est aussi dans ce système de production que des approches phytosanitaires combinant différents types d'interventions sont utilisées depuis de nombreuses années, notamment pour la lutte contre certains ravageurs.

L'approche de la lutte intégrée a suivi le concept de la gestion phytosanitaire des cultures sous le terme de lutte intégrée "production intégrée ou agriculture raisonnée". Par contre la mise en œuvre de la lutte chimique raisonnée rencontre des difficultés suite à une progression croissante des moyens de lutte. Tous les moyens déployés dans le cadre d'une protection intégrée en tenant compte de l'ensemble des contraintes phytosanitaires restent moins efficaces et manquent de robustesse face à l'apparition de nouveaux bioagresseurs et aux contraintes réglementaires ou socio-économiques.

Notons que pour une agriculture durable se basant sur les méthodes de lutte biologique ou physique pourrait être remise en question par des bioagresseurs à fort potentiel de variabilité de la même manière que la lutte chimique ou la résistance variétale. Parmi les bioagresseurs, les nématodes phytoparasites ou anguillules sont d'importants ravageurs des plantes en agriculture. À l'échelle de la planète, les nématodes occasionnent plus de 100 milliards de dollars en perte de production annuellement. Ces petits vers microscopiques, tous munis d'un stylet creux, sont transparents et mesurent de 300 à 1500  $\mu\text{m}$  de longueur et de 15 à 35  $\mu\text{m}$  de diamètre. Leur petit diamètre ne permet pas de les voir à l'œil nu, mais ils sont facilement observables sous la loupe binoculaire. (BELAIR, 2005).

Bien qu'il soit difficile d'évaluer l'impact réel des nématodes sur les rendements puisque la diminution de ceux-ci est la résultante de nombreux facteurs, dont les complexes parasitaires qui parfois rendent la lutte difficile à maîtriser. Les dégâts occasionnés par les nématodes,

plus particulièrement ceux du genre *Meloidogyne*, sur les cultures maraîchères, sont connus par la plupart des cultivateurs.

Ils peuvent causer parfois des pertes considérables qui dépassent parfois 65 % (MOKABLI, 1988). Les dégâts de *M. incognita* sur culture de tomate sont de l'ordre de 50 % (LAMBERTI *et al.*, 1976 cité par AMMAR, 1986).

L'indice de galles est établi par B'CHIR et HORRIGUE (1984). Il va de 1 à 5 correspondant respectivement à des dégâts de 10, 20, 40, 80 % et 100 %. Par exemple dans une serre de 400 m<sup>2</sup>, la production étant évaluée à 200 000 D.A., avec un indice de galles de 1, les pertes sont de l'ordre de 20 000 DA. Sur l'ensemble de 7.000 ha de serres en Algérie, les pertes minimales peuvent atteindre 2.800.000.000,00 D.A. Les pertes sont déjà élevées et quelles seraient les pertes si l'indice de galles était de quatre ?.

Afin de développer un programme sur les relations antagonistes entre les nématodes phytoparasites et certains de leurs parasites ou prédateurs naturels, il serait nécessaire d'élaborer des techniques de lutte biologique. Dans ce but les connaissances sur la répartition des nématodes parasites des cultures sont à réactualiser. Dans le même sens, il serait utile d'étudier l'influence des facteurs environnementaux sur les peuplements de nématodes et de rechercher les micro-organismes parasites ou prédateurs associés aux *Meloidogyne*, nématodes à galles. Il est à noter que le sol représente une source fondamentale pour la production agricole. Ce n'est pas seulement un support pour la plante, c'est aussi un réservoir de nutriments et d'éléments essentiels. Cependant, du fait de l'intensification des cultures, le sol est menacé par l'érosion, la pollution et la baisse de la fertilité. Il constitue également le milieu des helminthes, des insectes, des acariens, des protozoaires, des tardigrades et des nématodes. Le sol se trouve dans un équilibre parfait entre la microfaune et microflore. L'anthropisation de tous les milieux a créé des déséquilibres parfois irréversibles suite à l'utilisation de plusieurs moyens de production intensive comme les engrais et les produits chimiques.

Parmi la faune du sol, les nématodes phytoparasites ; endoparasites, ectoparasites et semi endoparasites sont les plus redoutables. Ils constituent un véritable fléau pour l'agriculture. Plusieurs espèces peuvent infester les cultures, même le palmier dattier et les arbres fruitiers rustiques tels que l'olivier, l'amandier et le figuier.

De nombreux travaux ont permis de mieux connaître le genre *Meloidogyne*, en particulier sa taxonomie, sa biologie, sa physiologie, sa pathogénie et les réactions des plantes suite à son infestation. Ces études ont aidé à mettre au point un certain nombre de techniques de lutte (NETSCHER, 1970; PROT, 1984; NETSCHER et SIKORA, 1990). Morphologiquement, les

nématodes à galles du genre *Meloidogyne* sont caractérisés par un dimorphisme sexuel très prononcé. Les mâles sont filiformes et les femelles sont globuleuses. ESEMBACK en 1985 note que la morphologie de la région périnéale (Pattern) est le caractère le plus important dans l'identification des nématodes. Cette partie postérieure de la femelle représente l'équivalent de l'empreinte du doigt. Elle permet d'identifier les espèces selon la position de la vulve par rapport à l'anus, la forme des stries et de l'arche qui diffère d'une espèce à une autre.

Les analyses biochimiques et l'amplification de l'ADN peuvent également constituer un outil de confirmation des résultats liés à l'identification. En se basant sur les caractères cytologiques, le nombre de chromosomes peut compléter l'identification de certaines espèces de *Meloidogyne*. Ce nombre varie considérablement d'une espèce à une autre (15 à 54) selon RITTER (1971) et diffère de quelques unités selon les individus de la même espèce. Il est de  $2n = 42$  à  $48$  chez *M. javanica* (Goldi 1877) (EISENBACK *et al.*, 1981) et de  $2n = 44$  à  $45$  chez *M. mayaguensis* (RAMMAH et HIRSCHMANN, 1988). D'après CENIS *et al.* (1992) certaines espèces sont hypotriploïdes de 43 à 46 chromosomes comme *M. javanica* à l'exception d'une population diploïdes de 34 chromosomes. Les nématodes à galles sont des endoparasites sédentaires. Certaines espèces sont parthénogénétiques ; *M. incognita* (Kofoid & White 1919), *M. arenaria* (Chitwood, 1949) et *M. hapla* (Chitwood, 1949) ou parthénogénétique facultative comme *M. naasi* (Franklin, 1965) (DALMASSO *et al.*, 1985).

Le développement des nématodes à galles sur les plantes hôtes cultivées ou adventices comprend cinq stades larvaires séparés par des mues dont la première s'effectue à l'intérieur de l'œuf (SASSER, 1989). La larve infestante appelée juvénile (J2), libérée à l'intérieur de la galle peut se fixer directement sur les tissus de la racine ou provoquer des lésions pour pénétrer dans les racines ou radicelles de la plante. Elle peut également être libérée dans le sol pour migrer à la recherche d'autres racines. Elle traverse l'épiderme et se fixe la tête près du cylindre central pour créer un site trophique. Elle continue son développement et subit trois mues pour atteindre le quatrième stade. La différenciation sexuelle s'effectue entre la troisième et la quatrième mue. Le mâle devient filiforme, la femelle est globuleuse et demeure fixée sur les racines pour devenir une femelle adulte capable de pondre des œufs. La ponte se réalise trois à quatre semaines plus tard, en fonction des conditions du milieu. L'embryogenèse et l'éclosion des œufs chez les *Meloidogyne* dépendent essentiellement de la température, de l'humidité et des exsudats racinaires de la plante hôte. De GUIRAN (1983) écrit que les pontes peuvent atteindre 3.000 œufs par femelle. L'embryogenèse et le développement de tout le cycle biologique dépendent de la température. En effet, BIRD et WALLACE (1966) indiquent que l'optimum des éclosions pour *M. javanica* se situe entre 25

et 30 ° C. Des différences peuvent être constatées en fonction des espèces; INSERA *et al.* en 1984 montrent que *M. hapla* a un développement embryonnaire de 21 à 25 jours à une température de 20 °C., de 30 à 35 jours à 15 °C. et de 95 à 97 jours à 10 °C. L'application de méthodes de lutte classique sans expérimentation préalable s'est soldée par de nombreux échecs. Bien plus, les traitements chimiques anarchiques contribuent à aggraver la situation. L'emploi de cultivars résistants se heurte néanmoins à deux inconvénients. D'une part il ne peut pas contrôler toutes les espèces. D'autre part certains gènes peuvent être contournés par des individus virulents (CASTAGNONE-SERENO, 2002). Les moyens de lutte biologique susceptibles de remplacer la lutte chimique existent bel et bien. Les études sur les champignons nématophages sont déjà bien avancées (BOUGUERRA, 1993). En Algérie, HAMMACHE (1994) a donné des résultats préliminaires pour la première fois sur la lutte biologique avec un inventaire des espèces de champignons prédateurs et parasites.

Le présent mémoire est divisé en quatre volets:

Le premier volet est consacré à une introduction faisant état d'une problématique concernant les nématodes à galles portant sur le comportement, sur la reproduction, et sur leur adaptation en fonction de plusieurs facteurs avec une importance des cultures maraîchères.

Dans le premier chapitre, après la présentation de la région d'étude et de son agriculture, des stations retenues, les techniques employées sur le terrain d'abord, puis celles adoptées au laboratoire sont exposées. L'ensemble des résultats obtenus sont rassemblés dans le deuxième chapitre. Les résultats sont discutés et comparés à ceux d'autres auteurs dans le troisième chapitre. Dans le cadre de la discussion générale, les principaux résultats sont confrontés aux hypothèses de recherche. Ce travail se termine par des perspectives scientifiques et opérationnelles.

## **Chapitre I - Matériels et méthodes**

Après une brève présentation de la région choisie pour mener la présente étude, des stations retenues, le travail effectué sur le terrain d'abord, puis celui fait au laboratoire sont développés.

### **1.1. - Choix de la région du Littoral centre (Alger et Tipasa)**

La présente étude porte sur une aire de près de 2000 km<sup>2</sup> de surface, soit une bande de 20 km de largeur et de 100 km de longueur. Celle-ci correspond à la zone côtière allant de Bordj El Kiffan (36° 45' N., 3° 11' E.) jusqu'à Tipasa (36° 36' N., 2° 27' E.). La pluviométrie est irrégulière aussi bien d'une année à l'autre que d'un mois à un autre. C'est ce qui fait dire que le climat méditerranéen est xérothérique, soit à été sec. Effectivement les mois pluvieux sont ceux de décembre, de janvier, de février, de mars et parfois la période humide peut s'étendre jusqu'en mai. La preuve en est qu'en mai 1998, une hauteur de 135 mm de précipitations est enregistrée dans la station météorologique de Dar El Beida. Les autres mois notamment en été sont les plus secs, à l'exception de l'automne durant lequel quelques rares pluies sont mentionnées.

Pour ce qui est des températures, elles sont basses déjà en décembre (12° C.) et se maintiennent à ce niveau jusqu'en février. Les températures les plus élevées sont notées en août (35° C.). Le diagramme ombrothermique de Gaussen met en évidence une période humide allant d'octobre jusqu'en mai et une autre sèche du mois de juin à septembre (Fig. 1). Les cultures dominantes sont les cultures maraîchères à cycle court comme la laitue, la courgette, le concombre et parfois le melon. Celles-ci appartiennent à deux familles botaniques, soit les Asteraceae et les Cucurbitaceae. Les autres cultures sont à cycle moyen s'étalant sur presque six mois comme le tomate, le piment, le poivron, l'aubergine et la pomme de terre faisant partie toutes de la famille des Solanaceae. Quelques rares cultures jouent un rôle dans les systèmes de rotation en même temps, considérées par ailleurs comme plantes améliorantes de la famille des Fabaceae comme le petit pois, la fève et le haricot. A celles-là, s'ajoutent quelques Brassicaceae comme les choux et le chou-fleur et une Rosaceae, le fraisier. En plus de la pomme de terre, le chou et le chou-fleur sont cultivés en plein champ. Les autres cultures sont installées soit sous serre ou soit en plein champ. La région du Littoral-centre est considérée comme la première zone de production des cultures maraîchères intensifiées. Elle représente également le centre d'application des techniques nouvelles comme les variétés améliorées, les nématicides fumigants et granulés, le goutte à goutte et la

plasticulture grâce à l'installation de l'Institut technique des cultures maraîchères et industrielles à Staouéli (I.T.C.M.I.). Les cultures mises en place sont considérées comme des opérations à haute valeur ajoutée. Mais elles sont exposées à un haut risque d'infestation par les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*.

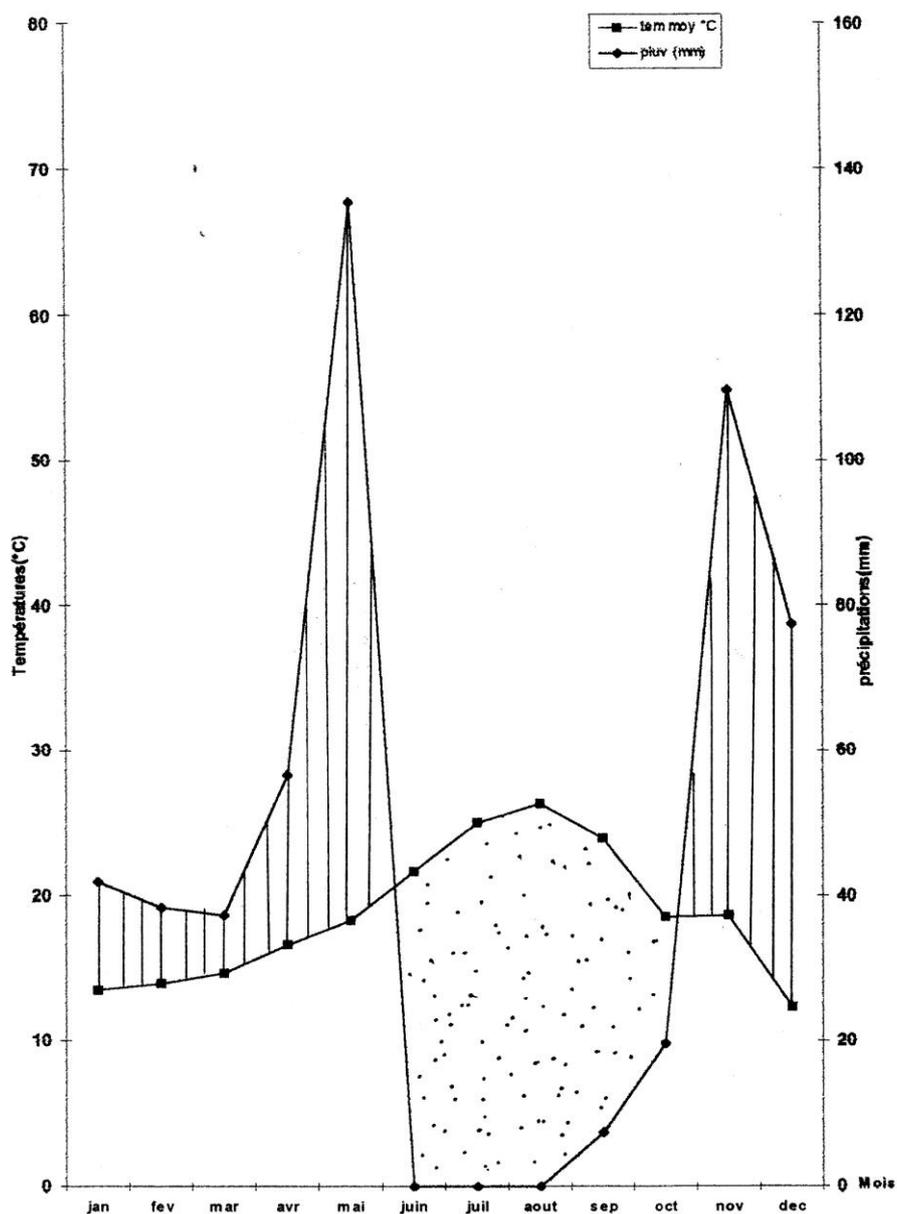


Fig. 1 : Diagramme ombrothermique de région du littoral du centre du pays (Alger, Tipasa)

Légende :

-  Période humide
-  Période sèche

### 1.1.1. – Description des stations retenues

Ces stations se retrouvent précisément à Bordj El Kiffan, Staoueli et Tipasa. Bordj El Kiffan et Tipasa sont limitées au nord par la Mer Méditerranée et au sud par la plaine de la Mitidja. Seule la région de Staoueli s'arrête au Sud au pied du Sahel algérois. Les caractéristiques pédologiques permettent de distinguer deux ceintures, l'une septentrionale côtière représentant le Littoral proprement dit constituée de terres sablonneuses légères et friables avec une faible rétention de l'eau et l'autre correspondant aux versants à texture sablo-argileuse et limoneuse à dominance argileuse au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la mer.

#### a) – Station de Bordj El Kiffan

La station de Bordj El Kiffan est à 15 km à l'est d'Alger. Elle est composée de cinq domaines, ceux de Chamouni, de Bouzid Mohamed, d'Ali Khodja, d'Abad Hamid et de Mimouni. Ces derniers sont divisés en exploitations collectives (E.A.C.) ou individuelles (E.A.I.). Les surfaces des exploitations sont de l'ordre d'une dizaine d'hectares chacune. Elles sont destinées à la production de légumes d'extra- primeurs, de primeurs et de plein champ. Les serres constituent un moyen de protection des sols agricoles de l'avancement du béton. Mais l'extension de l'urbanisation menace les sols agricoles de disparition par des constructions qui, parfois, sont anarchiques. Les limites de la région d'étude sont la mer Méditerranée au nord, des serres de Bateau cassé à l'est, par des terres maraîchères de plein champ cultivées en pomme de terre et autres cultures au sud et par des constructions de l'extension de la ville de Bordj El kiffan à l'ouest (Fig. 2).



Fig. 2 : Régions de Bordj El Kiffan (zones de développement du maraîchage)

## b) – Station de Staouéli

Staoueli est située à 22 km à l'ouest de la capitale et à 46 km de Tipasa. Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, au sud par l'agglomération de Souidania, à l'est par la ville de Chéraga et à l'ouest par celle de Zéralda. Les domaines agricoles concernés par cette étude sont en nombre de cinq, celles de Bounaama, de Djad Boualem, de Mokhtari, de Yakoubi et de la zone 33. Ces domaines ont connu de nouvelles divisions en exploitations agricoles collectives ou individuelles avec la nouvelle restructuration des terres agricoles. Les superficies sont devenues alors de l'ordre de 6 à 10 hectares (Fig.3).



Fig. 3 : Régions de Staoueli à vocation maraîchère

## c) – Station de Tipasa

Elle est située à 80 km environ à l'ouest d'Alger. Elle regroupe trois domaines spécialisés en productions maraîchères. Le domaine de Nador est limité au nord par une chaîne montagneuse avec un couvert végétal dominé par les *Pinus*, par la route nationale 11 au sud, par des serres en tunnels destinées aux cultures maraîchères à l'est et par un terrain inculte à l'ouest. Le deuxième domaine est celui de Si Bilal, en bande côtière spécialisée en production de la tomate et de la pomme de terre. Elle est limitée par la mer au nord, par la route nationale 11 au sud et par des parcelles de pomme de terre à l'est et à l'ouest. Le troisième domaine est celui de Berkan limité par des serres-tunnels de production maraîchère au nord, par la route nationale 11 au Sud, par une parcelle destinée au maraîchage à l'est et par une parcelle de pomme de terre à l'ouest. Ces domaines sont morcelés en petites

exploitations agricoles collectives ou individuelles de 10 à 15 ha chacune. L'échantillonnage de sol et de racines infestées par les *Meloidogyne* s'étale sur plusieurs années (Fig.4)



Fig.4 : Régions maraîchères de Tipasa

Pour ce qui concerne les essais liés à la résistance des variétés mises sur le marché algérien, sans savoir si ces dernières sont résistantes ou non, ont eu lieu en pot ou sur des micro parcelles au niveau de la station de l'Ecole nationale supérieure agronomique d'El Harrach (ENSA), à l'Institut national de la protection des végétaux (INPV.) et de l'Institut technique des cultures maraîchères et industrielles de Staoueli (ITCMI). 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 réalisé plusieurs essais. Le but est de voir la réaction des variétés de tomate et de les comparer entre elles en premier lieu. Ces essais sont suivis par des comparaisons d'autres variétés de tomate avec les cucurbitacées puis une comparaison avec les piments poivron qui présentent des résistances vis-à-vis des nématodes à galles. Ces comparaisons sont faites sur la base d'un inoculum graduel de juvéniles de *Meloidogyne* allant de 3.000 à 6.000 J2.

## **1.2. – Travail de laboratoire**

### **1.2.1. – Etude morphométrique des populations de *Meloidogyne***

L'étude de la morphologie externe des *Meloidogyne* est considérée comme l'un des éléments permettant la différenciation entre les espèces. Les caractères liés à la taille de la femelle, à celle des juvéniles et des œufs sont considérés comme un élément de réponse à cette question. La présente approche est de donner quelques éléments de réponse à cette hypothèse.

#### **1.2.1.1. - Identification des espèces de *Meloidogyne* sur la base de la figure périnéale (Pattern)**

Le matériel biologique provient des parcelles du Littoral, des alentours de Bordj El Kiffan, de Staoueli et de Tipasa. Ces régions sont infestées par les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*. L'identification des espèces présentes dans ces sols a eu lieu en premier par des observations des figures périnéales (Pattern) en se basant sur la morphologie de la partie postérieure des femelles constituée de l'anus, de la vulve, des stries et de l'arche. Une fois ces femelles identifiées, les mensurations biométriques des stades œuf, larve et femelle sont faites.

#### **1.2.1.2. - Montage des figures périnéales des femelles de *Meloidogyne***

Les femelles sont prélevées à partir des racines noueuses. Celles-ci sont dilacérées dans de l'eau. Les femelles sont prises à l'aide d'une aiguille et placées dans une coupelle. Ces dernières sont coupées transversalement au 1/3 de la partie postérieure. Après les premières coupes, les parties postérieures sont bien nettoyées du contenu interne (intestin ovaire et les œufs), puis coupées sur les extrémités latérales de façon à ce qu'elles soient de forme rectangulaire. (Fig.5) La coupe ainsi obtenue est placée dans une goutte d'acide lactique pendant quelques minutes, puis déposée dans une goutte de glycérine sur une lame porte-objet qu'on couvre avec une lamelle couvre-objet. Ce montage est latté avec du vernis à ongle donnant un montage prêt à l'observation. Toutes les mentions sont portées sur la lame telle que la date, le nom de l'espèce et de la variété cultivée et la région d'échantillonnage.

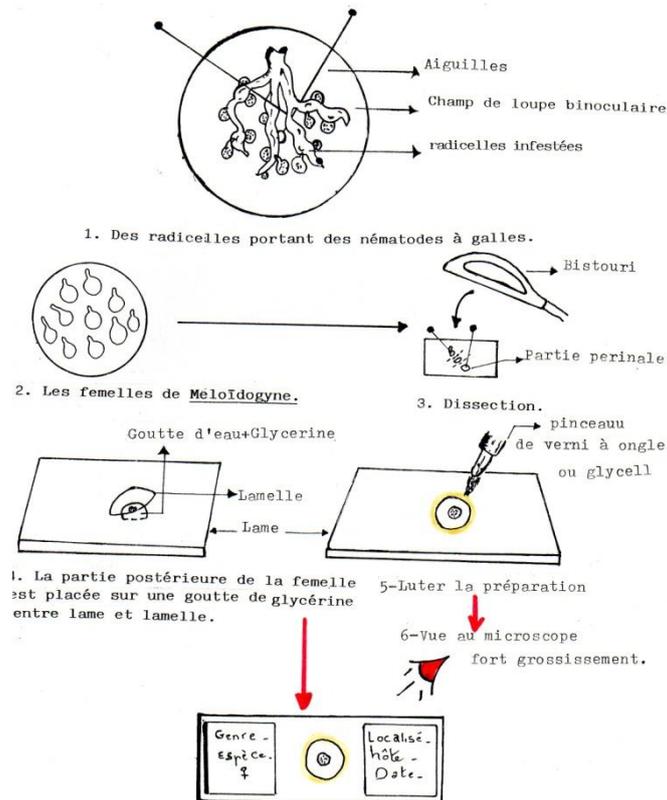


Fig. 5 : Technique de montage des figures périnéales (pattern) pour la détermination des espèces de *Meloidogyne*.

Les observations sont faites sur un nombre de 40 femelles avec un microscope optique à grossissement x 10, x 20, x 40 et même x 100. Il est à souligner que ces femelles ont fait l'objet d'une étude morphométrique, espèce par espèce présente dans les régions prospectées. Les mensurations portent principalement sur les critères longueur et largeur du corps avec la longueur du cou. Malgré toutes les différences de taille qui peuvent être liées au milieu, aux cultures et aux variétés, l'opérateur tente de confirmer que ces critères peuvent être un élément de réponse lors de la différenciation des espèces. Les mensurations biométriques sont faites sur un nombre égal d'œufs, de larves et de femelles qui est de 40 individus pour chaque stade.

### 1.3. - Quelques aspects de la bioécologie des *Meloidogyne*

#### 1.3.1. - Fécondité des *Meloidogyne*

Les masses d'œufs sont récupérées des racines de tomate récoltées des différentes régions et mises dans des boîtes de Pétri. Le nombre de masses d'œufs est de 500 réparties sur 50 boîtes à raison de 10 masses par boîte. Le comptage des œufs est fait sur chaque masse prise à part. Cette étude permet de réaliser des estimations futures sur les possibilités d'infestation des cultures par ce genre de nématode (Fig. 6).

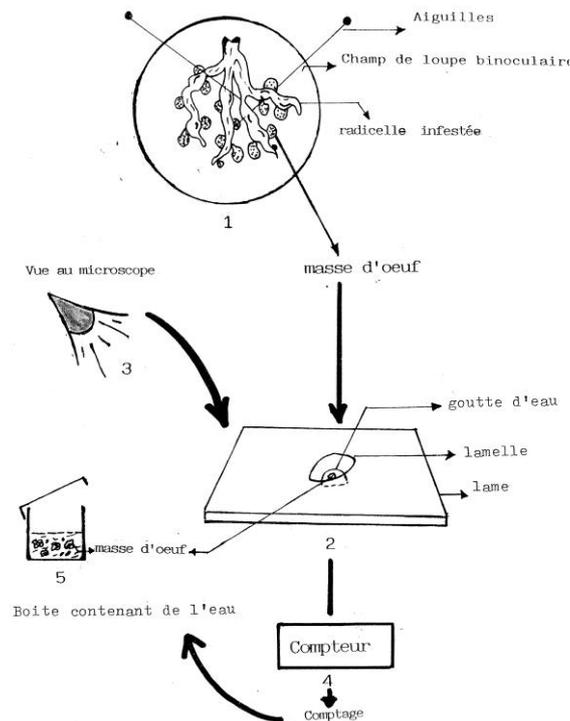


Fig. 6 : Technique de comptage des œufs contenus dans la masse gélatineuse pour l'étude de la fécondité

### 1.3.2. - Etude de l'éclosion des œufs de *Meloidogyne*

Suite à l'étude de la fécondité, des observations sont réalisées sur les œufs mis en incubation dans de l'eau à une température ambiante de  $25 \pm 1$  °C. considérée comme température optimale de développement des nématodes à galles d'après BIRD et WALLACE (1966), BLANCHARD (1988), TRIANTAPHYLLOU (1993), GAUR et MEHER (1995) et BERTRAND (2001). Les observations et les comptages sont faits sur 50 masses d'œufs. De la même manière que la fécondité, une analyse fréquentielle est faite pour donner des détails sur le développement de l'éclosion en fonction de la température (Fig.7)



Fig. 7 : Embryogénèse et éclosion des œufs de *Meloidogyne* (Original)

### **1.3.3. – Travail sur le terrain et présentation des modèles biologiques**

#### **1.3.3.1. – Echantillonnages sur le terrain**

Les échantillons sont récoltés aussi bien du Littoral de Bordj El Kiffan que de celui de Tipasa durant toute la période de développement des cultures. Les enquêtes et les échantillonnages de racines des plantes infestées ont débuté en 1997 dans le but de récupérer le matériel biologique pour des utilisations au laboratoire, notamment pour des tests de développement des nématodes à galles en fonction des types de sols et pour les essais de résistance conduits en pots sous serres pour des inoculations après éclosion des œufs au laboratoire. Les périodes s'étalent du mois de septembre avec la culture d'arrière saison avec la tomate "St. Michel" jusqu'aux mois de juin et de juillet avec les cultures sous-serres de la même année et les cultures dites de saison. Ces prélèvements sont effectués une fois toutes les deux semaines.

A l'aide de binette et de tarière, les prélèvements de racines sont effectués d'une manière aléatoire. L'arrachage de plants se fait à raison de 20 plants par serre c'est-à-dire par 400 m<sup>2</sup> de surface et l'équivalent sur des cultures de plein champ. Pour ce qui est du sol avec la tarière en fonction des profondeurs choisies, des échantillons élémentaires sont prélevés au hasard en zigzag ou en diagonale pour couvrir toute la surface et réaliser ensuite un échantillon globale de 3 à 4 kg pour des analyses au laboratoire. Tous les échantillons prélevés sont mis avec soin dans des sachets en matière plastique dans lesquels sont mentionnées toutes les informations nécessaires (région, période, culture, variété, précédent cultural, type de sol avec matière organique ou non, traitement nématicide et mode d'irrigation). Il est à noter que les domaines qui ont des surfaces occupées par des cultures maraîchères sont importants (25 et 100 ha), ce qui peut être expliqué par leur situation sur le Littoral. Mais les restructurations décidées par le Ministère de l'agriculture ont conduit au morcellement en un grands nombre de petites exploitations EAC (exploitation agricole collective) et EAI (exploitation agricole individuelle). Le présent travail est réparti selon un échancier sur plusieurs années. L'étude du comportement des variétés de cultures maraîchères vis-à-vis des *Meloidogyne* s'est étalée sur trois années de 1997 à 1999, la biologie des nématodes à galles sur deux ans, de 1997 à 1998. La partie effet des types de sols algériens sur le comportement des *Meloidogyne* est réalisée pendant deux ans de 1999 à 2000 et celle portant sur les méthodes de lutte également sur deux ans de 2001 à 2002. Enfin, l'étude de la microflore utile en lutte biologique est faite durant quatre années de 2004 à 2007. Les œufs, les larves et les femelles récupérés proviennent de plusieurs cultures de tomate,

d'aubergine, espèce tolérante aux *Meloidogyne* et d'autres cultures comme les piments, les poivrons, les crucifères et le fraisier.

### **1.3.3.2. - Développement des *Meloidogyne* en fonction de quelques types de sol**

#### **1.3.3.2.1. - Matériel végétal**

Des semis de melon cantaloup (*Cucumis melo* L.), variété Charantais sensible aux nématodes à galles, sont réalisés sur une couche de terreau préalablement stérilisé (autoclavé à 120 °C pendant 20 minutes). Les plants sont transplantés au stade 4-5 feuilles dans des pots en PVC de quatre dm<sup>3</sup> préalablement remplis avec les sols à tester, à raison d'un plant par pot. Après inoculation d'une population de *Meloidogyne* à raison de 650 juvéniles par plant, des observations sur tous les symptômes liés à la réaction de plante vis-à-vis des nématodes pendant trois mois sont réalisées.

#### **1.3.3.2.2. – Sols testés**

Les trois sols utilisés sont prélevés dans l'horizon 0- 30 cm dans trois régions différentes :

- sol sableux (sol S), prélevé dans l'exploitation agricole collective Hadj Messaoud près de Bordj El Kiffan (agglomération d'Alger).
- sol argilo limoneux (sol AL) prélevé dans la station horticole de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger.
- sol limono sableux (sol LS) prélevé dans le domaine El Djamhouria se situant à 20 km à l'Est Sud d'Alger.

Des analyses physico-chimiques sont effectuées. L'analyse granulométrique a pour but de quantifier pondéralement les particules minérales élémentaires cristallines inférieures à 2 mm. Elle permet de définir ainsi la composition granulométrique des sols selon la technique préconisée par ROULLER et GUILLET (1979). La texture peut être une expression synthétique des résultats de l'analyse granulométrique ou un jugement global sur la composition granulométrique porté sur le terrain grâce à des sensations tactiles par pétrissage entre les doigts. Cette notion peut être exprimée sous deux formes par exemple : limono-argileux ou limon-argileux (DENIS, 1988). La terminologie d'ATTERBERG citée par DRIDI (1992), a donné des diamètres des particules à chaque fraction en mm; argile inférieur à 0,002, limon entre 0,002-0,02, sable fin de 0,02-0,2, sable grossier entre 0,2-2, graviers 2-20 et les cailloux supérieur à 20 (HENNIN, 1976). L'analyse granulométrique est une opération de

laboratoire qui s'effectue sur une prise d'essai de terre fine. Elle a pour but de déterminer le pourcentage des différentes fractions de particules minérales constituant les agrégats (AUBERT, 1968). Elle est basée sur la destruction de la matière organique qui joue un rôle de ciment entre les particules et la dispersion des ces dernières par une solution alcaline (DRIDI, 1992). La méthode se base sur une méthode internationale modifiée par l'emploi de la pipette de Robinson. Puis la nature de la texture est déterminée en utilisant le diagramme des textures. Ce diagramme est un triangle dont ses trois côtés représentent successivement, l'argile, le limon et le sable. Chaque côté porte les variations des taux de ces derniers qui sont de 0 à 100 %. Sur cette base la nature ou la texture du sol de l'échantillon sur lequel est mentionné le nom de la parcelle et la région est déterminée. Pour les analyses chimiques, la teneur en matière organique est déterminée par la formule suivante :  $M.O. \% = C \% \times 1.72$ . Ce qui fait que la connaissance du taux de matière organique est basée sur la connaissance du pourcentage de carbone dans le sol. Suite aux analyses de la matière organique, il est procédé à la détermination du taux de carbone organique basée sur l'oxydation du carbone en milieu sulfurique ( $H_2SO_4$ ) par le bichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ) qui doit être en excès dont la quantité est proportionnelle à la teneur en carbone organique. L'excès de bichromate de potassium est titré par une solution de sel de Mohr en présence de diphénylamine dont la couleur passe du bleu foncé au bleu vert. Puis il est procédé à la mesure du pH. dans la solution normale de KCl. Le pH rend compte des ions acides fixés sur la capacité d'échange du complexe argilo-humique qui constitue l'acidité effective. Ces ions peuvent être échangés avec les ions  $K^+$  de la solution normale de KCl (DENNIS, 1988). Pour déterminer l'azote total, les échantillons sont soumis à l'attaque à chaud par l'acide sulfurique pur en présence d'un catalyseur. La fraction d'azote organique est ainsi transformée en sulfate d'ammonium. Le dosage de celui-ci est effectué à l'auto-catalyseur selon la méthode de Betnlot qui mesure la densité optique de la couleur bleu développée par les réactifs

#### **1.3.3.2.3. – Nématodes phytoparasites concernés par cette étude**

Des racines de tomate, de concombre et de laitue présentant des symptômes caractéristiques des nématodes à galles sont prélevées des parcelles de productions maraîchères infestées par *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria*. Les masses d'œufs sont prélevées manuellement à l'aide d'aiguilles lancéolées et déposées dans des éclosiers constitués de petits tamis en nylon ( $\varnothing$  4cm ; maille 0,5 $\mu$ m) placés dans des boîtes de Pétri en PEP ( $\varnothing$  5cm) et contenant de l'eau distillée. Les éclosiers sont placés à l'obscurité à 28 °C pendant 24 et 48 heures.

Les juvéniles de second stade (J2) sont inoculées aux plants de melon à raison de 650 individus par pot. Douze semaines après l'inoculation, les plants de melon sont prélevés et le système racinaire de chaque plant est rincé à l'eau courante. Les galles racinaires sont énumérées et leur nombre est rapporté à un indice de galles avec une échelle allant de 0 à 5 (B'CHIR et HORRIGUE 1984), puis les nématodes sont extraits de la totalité du système racinaire par la méthode de broyage-centrifugation (GOORIS et D'HERDE, 1972). Le comptage des œufs, des juvéniles de deuxième et de troisième stade et des femelles est réalisé sous un stéréomicroscope à grossissement 10 x 10.

#### **1.3.3.2.4. – Analyses agronomiques**

Juste après le prélèvement des plants de melon, le poids frais et la longueur des racines, le poids frais de la partie épigée des plants (tiges et feuilles), l'indice de vigueur des plants défini par une échelle allant de 1 à 5 du plant le moins vigoureux au plus vigoureux; (B'CHIR et HORRIGUE 1984), le calibre et le poids des fruits sont mesurés. Les racines et les trois types de sol testés ont fait l'objet d'analyses nématologiques pour évaluer les populations finales après trois mois de culture. Les méthodes appliquées sont la désintégration et centrifugation pour les racines et l'élutriation avec la centrifugation pour les sols. La combinaison des deux méthodes permet d'extraire les juvéniles, les œufs isolés et les masses d'œufs à partir des sols (DEMEURE et NETSCHER, 1973).

#### **1.3.3.2.5. - Dispositif expérimental et analyses statistiques**

L'essai fait intervenir les sols inoculés ou non inoculés suivants :

- sol sableux non inoculé (sol S/T).
- sol sableux inoculé (sol S/I).
- sol argilo-limoneux non inoculé (sol AL/T).
- sol argilo-limoneux inoculé (sol AL/I).
- sol limono-sableux non inoculé (sol LS/T).
- sol limono-sableux inoculé (sol LS/I).

Chaque modalité est répétée 10 fois. Les pots sont répartis aléatoirement dans la serre. Ils ont reçu une irrigation de 250 ml tous les 3 à 4 jours et un amendement minéral de 4,5 g par pot de 15.15.15 (NPK), et l'équivalent de 0,25 g de nitrate de calcium au moment de la nouaison du premier bouquet floral.

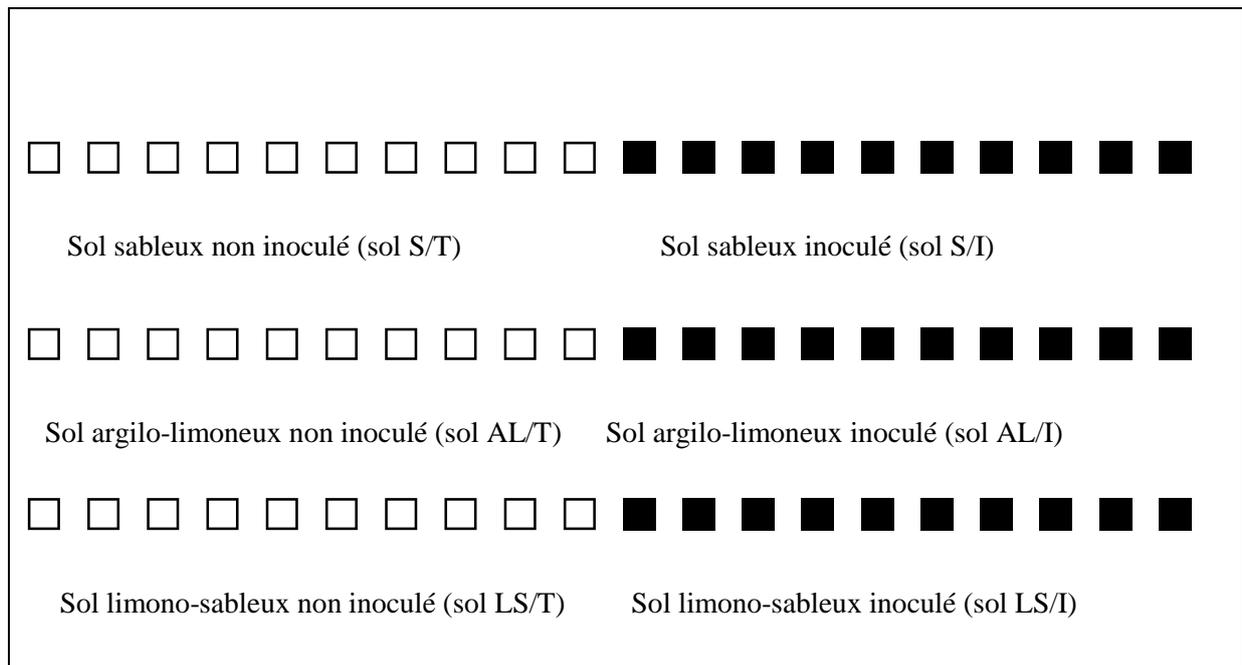


Fig. 8 : Dispositif expérimentale de l'essai sur l'effet des types de sols sur le développement des *Meloidogyne*

#### **1.4. - Etude de la résistance des variétés de cultures maraîchères vis-à-vis des *Meloidogyne***

Deux essais sont faits, l'un concernant le comportement de variétés du melon, du concombre et de la tomate vis-à-vis d'un inoculum de *Meloidogyne* et l'autre portant également sur le comportement des variétés de piment et de poivron associées à des variétés de tomate à l'égard d'un inoculum du même type de nématodes phytoparasites.

##### **1.4.1. - Premier essai : Comportement des variétés de la tomate et de Cucurbitacées (melon et concombre) vis-à-vis d'un inoculum de *Meloidogyne***

L'étude de la virulence porte sur des populations de *Meloidogyne* appartenant à trois espèces confondues originaires de Bordj El Kiffan, de Staouéli et de Tipasa, à l'égard de différentes variétés cultivées. Cette étude est réalisée afin de déterminer l'agressivité des nématodes à galles et de voir les limites de la résistance des plantes en vue de leur utilisation dans des programmes de lutte intégrée.

##### **1.4.1.1. - Matériel biologique**

Pour l'étude des aspects de la résistance des variétés de cultures maraîchères les plus utilisées, il est procédé à des tests basés sur le principe de la comparaison entre deux familles botaniques, soit les Cucurbitacées et les Solanacées compte-tenu de leurs différences de sensibilité, les Cucurbitacées étant très sensibles, les Solanacées l'étant moins. Il est procédé à des inoculations de larves infestantes dans des pots contenant du sol stérilisé pour mettre en évidence uniquement l'agressivité des nématodes à galles vis-à-vis des plantes cultivées et en fonction du degré de sensibilité des variétés. Elles sont de l'ordre de 3.000 J2 pour les Cucurbitacées et les Solanacées (type tomate) et 6.000 J2 pour les piments et poivrons associés à la tomate dans un autre test. Pour chaque essai expérimental pris à part, les conditions de conduite sont similaires pour ce qui concerne la température, l'humidité et les autres paramètres comme la contenance des pots (4 kg de sol par pot, stérilisés à 120 °C et humide constitués d'un mélange de 1/3 sable, de 1/3 limon et de 1/3 argile). Au total, deux essais sont faits pour étudier le comportement des variétés à travers toute la phénologie de la plante en prenant en considération comme paramètres, l'indice de vigueur et l'indice de galles après quatre mois de culture. Chaque type d'expérimentation selon le modèle expérimental défini est présenté.

#### **1.4.1.2. - Champ d'expérimentation**

Le premier essai a eu lieu dans la station de la protection des végétaux (INPV) d'El Harrach. Le lieu de travail est une serre d'expérimentation avec tabliers où les pots en matière plastique sont déposés convenablement sans qu'il ait de contact avec le sol. C'est une culture hors sol conduite seulement avec un inoculum de juvéniles de *Meloidogyne* dans le but est de tester leur résistance vis-à-vis de ces nématodes (Fig. 10). C'est dans cette optique qu'il a été jugé utile de mener des essais combinés impliquant tantôt le concombre, le melon et la tomate et tantôt la tomate, le piment et le poivron. La tomate dans ce cas a subi des densités de population de 3.000 J2 /pot et des doses de 6000 J2 /pot. La comparaison entre ces variétés permet de mieux positionner dans un cadre de programme de lutte. La semence provient de l'Institut technique des cultures maraîchères et industrielles de Staoueli (I.T.C.M.I.).

#### **1.4.1.3. - Matériel végétal**

Le choix dans la présente étude est fait sur deux variétés de Cucurbitacées, soit le melon cantaloup de la variété "charantais" et le concombre de la variété "marketer" ainsi que sur deux variétés de tomate "narita" et "neptune" convenant aux conditions de cultures sous serres. Ces variétés présentent les caractéristiques suivantes :

\* Melon : variété "charantais"

C'est une plante assez vigoureuse et précoce dont le fruit est de forme globuleuse à écorce lisse tranchées et à chair orange, de 300 à 800 grammes de poids moyen. Elle résiste aux nématodes avec une sensibilité au fusarium et à l'oïdium.

\* Concombre : variété "marketer"

C'est une plante vigoureuse, demi-précoce avec une bonne aptitude à la fructification. Le fruit est droit lisse, légèrement effilé à épines blanches de forme cylindrique. Son calibre est de 18 à 20 cm, de couleur verte tout en étant plus claire à l'extrémité. Les aspects de la résistance aux nématodes ne sont pas définis sur la fiche technique. La semence destinée à ce genre d'expérimentation provient de l'Institut techniques des cultures maraîchères et industrielles (I.T.C.M.I.).

\* Tomate : variété ‘neptune’

C'est une variété hybride, très vigoureuse à port déterminé, très précoce, avec un fruit assez gros de forme arrondie et légèrement aplatie. Elle est résistante au *Verticilium*, au *Fusarium*, au TMV (Virus de la mosaïque du tabac) et aux *Meloidogyne*.

\* Tomate : variété ‘narita’

C'est une variété très vigoureuse, à port déterminé, très précoce dont le fruit est de taille moyenne, de forme ronde et aplatie et très uniforme. Elle est résistante au virus (TMV), au *Verticilium*, au *Fusarium* et aux nématodes du genre *Meloidogyne*.

#### 1.4.1.4. - Récolte des juvéniles (J2) de *Meloidogyne*

Les racines infestées par les *Meloidogyne* sont rincées à l'eau et découpées en fragments. Elles sont mises dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau à une température n'excédant pas 25 °C. Après leur éclosion, les juvéniles sont récupérées à l'aide d'une pipette dans des éprouvettes. Cette solution représente l'inoculum pour nos essais de résistance. L'inoculation des larves infestantes (L2) est faite d'une manière échelonnée sur une période de dix jours (Fig.11).

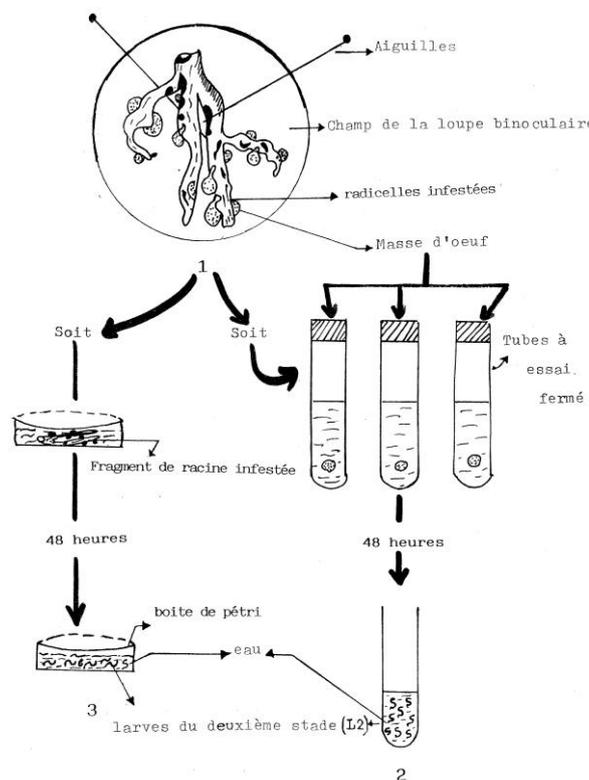


Fig. 9 : Technique utilisée pour l'obtention des juvéniles infestants (J2)

### 1.4.1.5. - Dispositif expérimental

Le premier essai est réalisé selon le dispositif expérimental suivant :

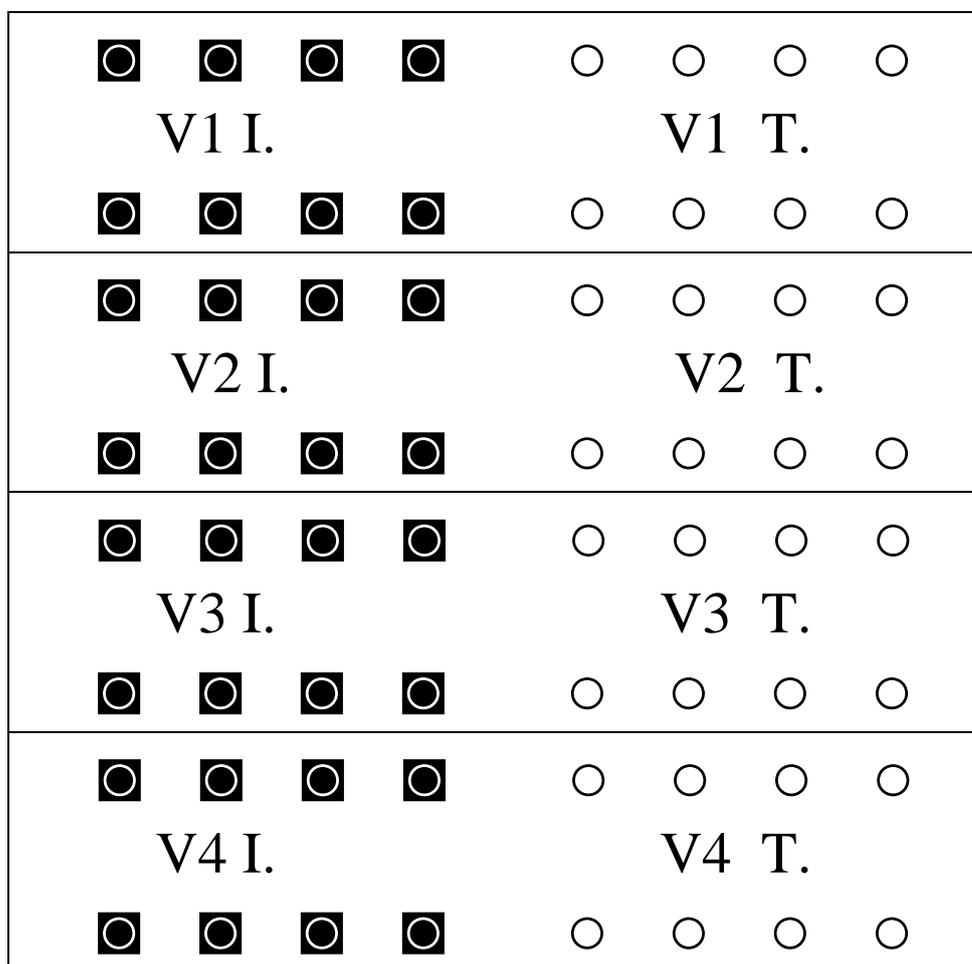


Fig. 10 : Premier essai de la résistance des variétés cultivées vis-à-vis des *Meloidogyne*

● Pots inoculés (3000 L2/ pot)

○ Pots témoins non inoculés

V1 I. : Concombre (marketer) inoculé

V1 T.: Concombre (marketer) témoin

V2 I. : Melon (charentais) inoculé

V2 T : Melon (charentais) témoin

V3 I. : Tomate (neptune) inoculée

V3. T.: Tomate (neptune) témoin

V4. I.: Tomate (narita) inoculée

V4. T.: Tomate (narita) témoin

### 1.4.1.6. - Préparation du sol

Le sol est constitué par un mélange pour 1/3 de fraction sableuse, pour 1/3 argilo-limoneuse et 1/3 de matière organique sous la forme de fumier de ferme. Ce mélange

est bien autoclavé à 120 °C. Après refroidissement, il est placé dans des pots de 24 cm de diamètre.

#### **1.4.1.7. - Préparation des plantules**

Les semis en pépinière sont dans des bassines contenant du terreau stérilisé. Une fois que ces plants aient atteint le stade 5 à 6 feuilles, ils sont repiqués dans les pots préparés au préalable. Les plants ont reçu d'une manière régulière une irrigation suffisante et un entretien phytosanitaire avec fongicides, bactéricides, insecticides et acaricides pour mettre en évidence uniquement l'effet des nématodes à galles sur les plantes. Le même calendrier de traitement est suivi du repiquage à la récolte. Tous les essais envisagés ont fait l'objet des mêmes traitements.

#### **1.4.1.8. - Technique de dénombrement des larves de *Meloidogyne***

Les larves écloses sont récupérées toutes les 48 heures. Ces dernières représentent l'inoculum destiné à infester les variétés prises en considération en vue de tester leur résistance aux *Meloidogyne*.

#### **1.4.1.9. - Technique d'inoculation des larves infestantes de *Meloidogyne***

La solution contient un nombre défini de juvéniles. Pour inoculer un nombre connu, il est procédé à des prélèvements, à l'aide d'une pipette, d'un millilitre de la solution pour compter le nombre exact de larves. L'opération est répétée 10 fois pour avoir une moyenne du nombre de larves infestantes. Une fois ce nombre connu, il est prélevé le nombre de millilitres nécessaires pour inoculer tous les plants avec le même nombre de larves, soit 3.000 J2 par pot (Fig. 11)

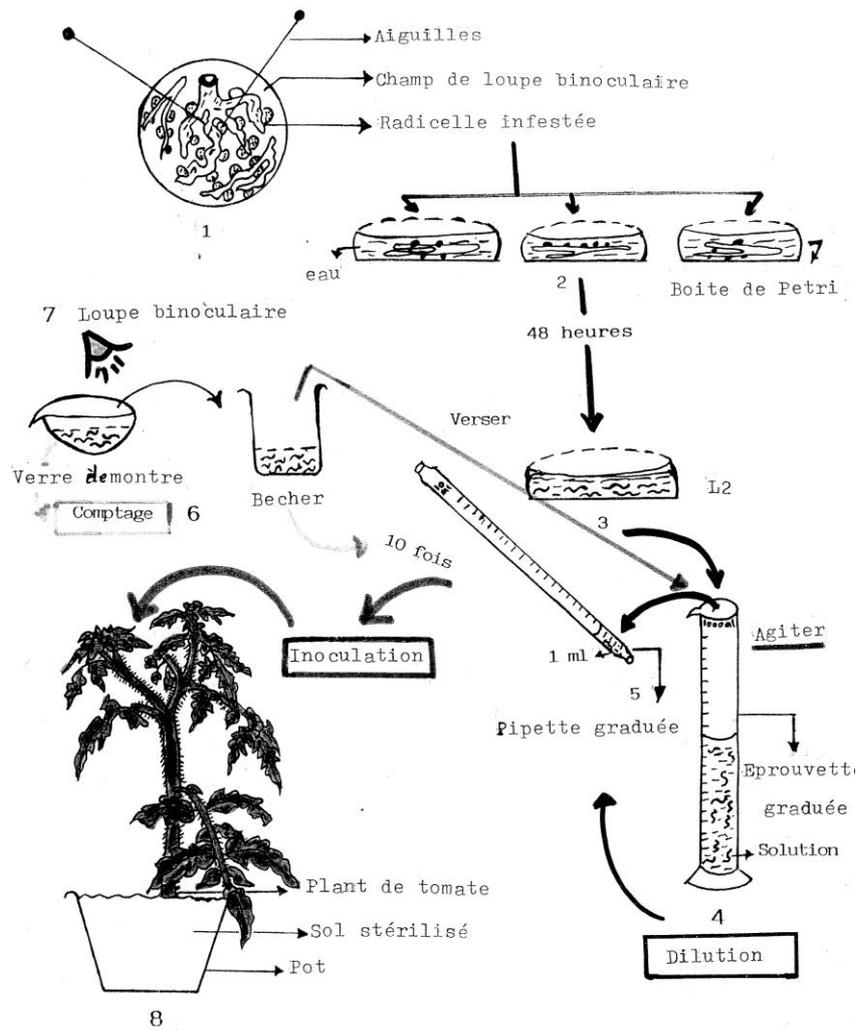


Fig. 11 : Technique d'inoculation des juvéniles infestantes dans des pots

#### **1.4.2. - Deuxième essai : comportement des variétés de tomate en comparaison avec les piments, poivrons à l'égard d'un inoculum de juvéniles de *Meloidogyne***

L'utilisation de variétés résistantes reste limitée par leur indisponibilité et par le coût élevé de ces dernières sans toutefois oublier qu'elles peuvent sélectionner des pathotypes ou races agressives. Ceci oblige l'opérateur à prendre en considération tous les paramètres et les facteurs pouvant influencer la réussite de l'installation des variétés considérées comme résistantes dans des régions bien étudiées du point de vue infestation par les *Meloidogyne*. La présente étude s'inscrit dans ce cadre afin de donner des résultats liés à l'utilisation de certaines variétés inscrites dans ce programme.

##### **1.4.2.1. - Matériel et méthode**

Le matériel biologique ou larves infestantes de *Meloidogyne* sp. provient des régions infestées de Staoueli. Ces larves sont issues des masses d'oeufs isolées et mises en incubation à une température de 20 à 22° C. L'inoculum est récupéré après chaque passage à l'observation à la loupe binoculaire. Après le repiquage des plants, suivi d'une bonne période de reprise des plants, soit au bout d'une semaine, un inoculum échelonné dans le temps est fait pour tous les pots destinés à l'expérimentation.

Dans des pots de 24 cm de diamètre contenant un mélange de sable pour 1/3, d'argile pour 1/3 et de 1/3 de fumier stérilisé à 120° C., les plants de piment var. "lipari" et de poivron var. "esterel" sont repiqués avec deux variétés de tomate "dona" et "fandango". Les caractéristiques des variétés sont résumées dans le tableau 1. L'inoculum de cet essai est de 6.000 L2 par pot échelonné dans le temps après une semaine de la même manière que pour les autres essais. Il est à noter que le nombre important de l'inoculum de la population de *Meloidogyne* équivalent à 144.000 L2 pour tout l'essai, oblige l'expérimentateur à réduire le nombre de pots à 6 alors qu'il était de 8 pour les essais précédents. Lors de cet essai, une protection phytosanitaire est menée dans le but d'éviter tout problème lié à un ravageur éventuel appartenant aux pucerons, aux noctuelles, aux bactéries ou aux champignons. De même, cette expérience est suivie de la même manière que le modèle expérimental du premier essai (Fig. 12).

### 1.4.2.2. - Dispositif expérimental

Pots du deuxième essai installés dans une serre :

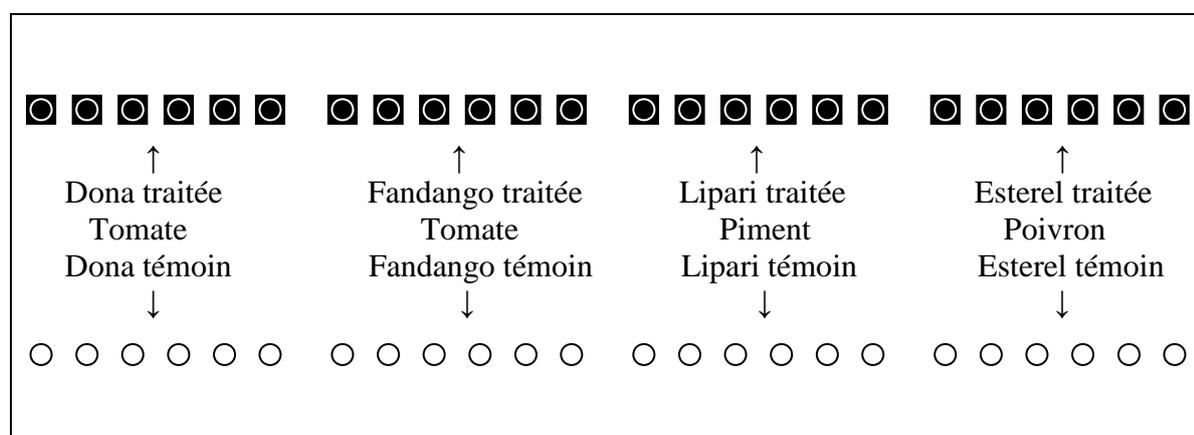


Fig. 12 : Dispositif expérimentale du deuxième essai sur le comportement des variétés en fonction d'une population de *Meloidogyne*

**Tableau 1** : Caractéristiques des variétés utilisées pour le deuxième essai

Caractéristiques des variétés	Vigueur	précocité	Résist. au <i>Verticilium</i> et au <i>Fusarium</i>	TMV	<i>Meloidogyne</i>
Dona	+++	+++	++++	+++	+++
Fandango	+++	+++	+++	+++	++
Lipari	++++	+++	+++	++++	++++
Esterel	++++	+++	+++	+++	++++

+++ : Vigoureux,

++++ : Très vigoureux,

+++ : Précoce,

+++ : Résistant,

++++ : Très résistant,

TMV : Virus de la Mosaïque du Tabac

Les pots sont au nombre de 6 par bloc contenant chacun l'équivalent de 4 kg du mélange sol, sable et fumier de ferme stérilisé. Les plants repiqués ont été suivis et entretenus du début jusqu'à la fin de la culture. Tous les essais de la résistance des variétés introduites en Algérie sont menés de la même manière que le premier essai du point de vue conduite, repiquage, inoculation, suivi et évaluation de tous les paramètres liés à cette étude dans le but de donner un constat réel sur le rôle de la résistance dans la lutte contre les *Meloidogyne*.

## **1.5. – Etude de la microflore utile dans la lutte biologique contre les nématodes phytoparasites**

Pour cette étude, les régions retenues et leurs particularités sont présentées. La préparation du milieu de culture est développée. Il est procédé ensuite à la détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites.

### **1.5.1. - Choix des régions d'étude et des cultures**

Sur la base de l'importance des cultures maraîchères et plus précisément de la tomate qui occupe une place très importante en Algérie, deux régions de l'Algérois sont prises en considération, soit celles de Bordj El Kiffan et de Staouéli. Dans chacune d'elles, plusieurs exploitations agricoles collectives (EAC) ou individuelles sont prospectées.

### **1.5.2. - Caractères des différentes régions**

Bordj El Kiffan et Staoueli sont caractérisées par un climat méditerranéen, doux en hiver et chaud en été, favorable au développement des cultures maraîchères surtout sous abris serres. Ces dernières sont à haut risque d'infestation par les nématodes à galles.

#### **1.5.2.1. - Région de Bordj El Kiffan**

C'est une région à vocation maraîchère avec un apport de fumier de ferme (matière organique) assez considérable. Les cultures utilisées sont notamment la tomate, le concombre et la pomme de terre, considérées comme cultures à hautes valeurs ajoutées. Cette région se caractérise par un sol sablo-argileux et limono-sableux riche en matières organiques. Elle présente une grande infestation par *Meloidogyne* sp.

#### **1.5.2.2. - Région de Staoueli**

C'est une région à vocation maraîchère par excellence. L'apport de fumier de ferme est également notable compte tenu des cultures présentes comme les Solanaceae avec la tomate et la pomme de terre, les Cucurbitaceae comme le concombre, les Brassicaceae et les Fabaceae. La région de Staouéli comme celle de Bordj El Kiffan se caractérise par un sol sablo-argileux et limono- sableux bien pourvu en matières organiques en décomposition. De même cette région est fortement infestée par les nématodes à galles.

### **1.5.3. - Préparation du milieu de culture**

Le milieu de culture est préparé par la dilution de 17g. d'agar agar dans un litre d'eau distillée dans une fiole. Le mélange est bien agité puis mis dans un autoclave à 120 °C. pendant 20 minutes. Une infusion de crottes de lapin avant la stérilisation permet un bon développement des champignons prédateurs. Une fois la gélose prête, elle est versée dans des boîtes de Pétri stérilisées d'une épaisseur de quatre à cinq mm. Après refroidissement, le sol est incorporé. Puis les boîtes de Pétri sont inversées pour éviter l'accumulation d'eau sur le couvercle. Pour chaque domaine, huit répétitions à chaque profondeur et pour chaque type de sol sont menées. Les boîtes sont accompagnées d'indications comme le numéro, la date, les noms de la région et du domaine et le type de sol. Une fois le sol mis dans des boîtes de Pétri, celle-ci sont placées dans un incubateur à 20 °C., température favorable pour le développement des champignons nématophages. Après une dizaine de jours, les observations sous loupe binoculaire et au microscope optique sont faites pour rechercher les champignons, les prédateurs et les parasites.

### **1.5.4. - Détermination des champignons nématophages prédateurs et parasites**

Une mise au point est faite pour ce qui concerne les champignons prédateurs et parasites de nématodes surtout des nématodes à galles (*Meloidogyne sp*). Ces champignons sont recherchés dans le sol sur trois profondeurs soit 10cm, 20cm, et 30cm. Pour ce faire deux types de sols sont pris en considération ceux ayant subi des traitements nématicides et ceux non traités jouant le rôle de témoins. La différence de profondeurs et les types de sol permettent d'estimer la présence, la fréquence et le comportement des champignons nématophages (parasites et prédateurs) de nématodes phytoparasites en fonction de quelques paramètres liés aux sols ou aux applications de pesticides surtout nématicides. Pour la détermination des champignons prédateurs et parasites utiles, les clefs de détermination utilisées sont celles de COOKE et GODFREY (1964), BARRON (1968), (BARNETT & HUNTER 1972), BUYCK (1986) et PHILLIP (2001). Elles se basent essentiellement sur les spores, les conidies, les réseaux mycéliens, les anneaux constricteurs et non constricteurs, les conidiophores, les boutons adhésifs, les mycéliums perforants et les chlamydo-spores.

## **1.6. - Méthodes de lutte contre les nématodes à galles du genre *Meloidogyne***

Après un essai de lutte contre les nématodes à galles, le champ d'expérimentation et le dispositif expérimental sont définis.

### **1.6.1. - Essai de lutte contre les nématodes à galles**

L'objectif visé par cette essai est de réaliser plusieurs méthodes de lutte (physique (solarisation), résistance variétale, plantes nématicides (œillet d'Inde : *Tagetes erecta*), et chimique (molécules nématicides : 1.3. Dichloropropène, Ethoprophos). Le but de cette étude est de trouver le meilleur moyen, efficace et peu coûteux pour contrecarrer le développement des *Meloidogyne* sous abri-plastique ou même en plein champ.

Il est mené sur une parcelle préalablement identifiée fortement infestée par les nématodes à galles avec un indice de galles supérieur à 4. La population de ces nématodes initialement identifiée est composée de trois types d'espèces à savoir *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria* avec une prédominance de la première.

### **1.6.2. - Champ d'expérimentation**

L'essai est réalisé au niveau de la station expérimentale de l'Institut technique des cultures maraîchères et industrielles (I.T.C.M.I.) de Staoueli, dans deux serres fortement infestées par les *Meloidogyne*. Pour comparer l'action des différentes méthodes de lutte vis-à-vis des nématodes à galles, deux variétés de tomate, l'une sensible (fandango) et la deuxième résistante (dona) sont prises en considération.

### **1.6.3. - Dispositif expérimental**

Un dispositif expérimental en blocs, chacun composé de six traitements répétés cinq fois. La figure 10 résume les caractéristiques de tout l'essai. Il faut rappeler que les répétitions de la solarisation sont réalisées dans une serre à part pour augmenter les chances d'une meilleure couverture par un seul film plastique et par conséquent un bon réchauffement du sol. Ces blocs préalablement arrosés abondamment dans le but d'élever et de garder un taux d'humidité favorable à l'éclosion des œufs de *Meloidogyne* sont recouverts d'un film plastique transparent. Il faut noter que chaque microparcelle est séparée par un film plastique placé jusqu'à un mètre de profondeur pour éviter tout phénomène de diffusion de produits nématicides, de substances secrétées par les plantes nématicides (*Tagetes erecta*) permettant ainsi d'avoir un effet propre à chaque micro-parcelle (Fig. 13, 14).

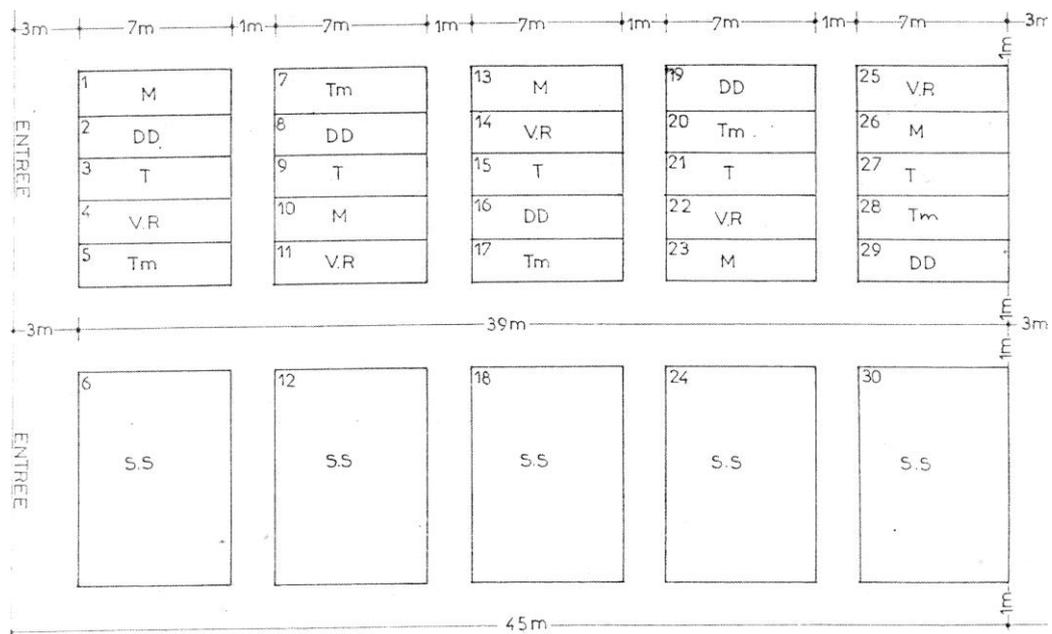


Fig. 13 : Dispositif expérimental des méthodes de lutte utilisées sous serres à Staoueli

**Légende :** M : Mocap (Ethoprophos) ; D.D. : 1-3 dichloropropène (fumigant) ; T. : tagette ; V.R. : variété résistante (dona) ; Tm. : Témoin non traité ; S.S. : solarisation du sol.



Fig. 14 : Essais des méthodes de lutte contre les *Meloidogyne* sous serre à l'I.T.C.M.I. de Staoueli

Le semis des deux variétés de tomate est réalisé dans des pots contenant 50 % de marc de raisin et de tourbe et placés en pépinière chauffée. Le repiquage des plants est fait à raison de 18 plants par traitement. Le semis de la tagette a eu lieu deux mois à l'avance pour faire coïncider toutes les méthodes en même temps et commencer l'expérimentation avec des niveaux de plantation homogènes pour pouvoir comparer les résultats. Après cette période de culture la tagette est broyée puis enfouie dans le sol trois semaines avant la plantation des plants de tomate afin qu'elle puisse agir avec ses sécrétions de substances à action nématocide dans le sol. Elle correspond à la lutte directe contre les juvéniles infestantes de *Meloidogyne*. Le Telone II (1.3 Dichloropropène) et le Mocap 10 g (Ethoprophos) sont appliqués trois semaines avant la mise en place de la culture, période suffisante pour éliminer le maximum d'œufs et de juvéniles dans la rhizosphère pouvant atteindre 40 cm de profondeur. Les doses sont de 150 l/ha pour le fumigant avec un pal injecteur et (50 kg/ha X 2 fois) de Mocap (Ethoprophos). Ce dernier est recommandé par fractions avec la même dose en pleine culture à proximité de la plante pour contrôler la remontée des nématodes et protéger la culture. L'entretien de la culture est fait avec un apport de fumure de fond (N.P.K.) à raison de 12 kg par micro-parcelle selon les pratiques agricoles.

Les paramètres étudiés sont:

- Indice de vigueur (I.V.) (Fig. 15)
- Indice de galles (I.G.) (Fig. 15)
- Analyses nématologiques et dénombrement des *Meloidogyne*

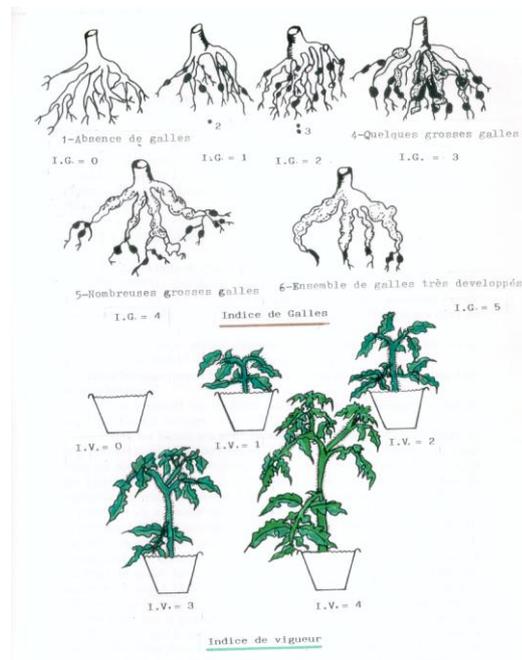


Fig. 14 : Notations de l'indice de galles (I.G.) et l'indice de vigueur (I.V.) (B'CHIR et HARRIGUE, 1984)

### 1.7. - Analyses statistiques utilisées

Pour les comparaisons entre les critères morphologiques des femelles, des juvéniles et des œufs, il est opté pour l'analyse de la variance par le test de Duncun qui permet de mesurer la longueur et la largeur des trois stades étudiés pour étudier les éventuels chevauchements qui peuvent exister entre les trois espèces. Il n'y a pas de différence significative lorsqu'il y a des chevauchements entre les valeurs des espèces. Dans le cas contraire, nous parlons de différence significative.

En ce qui concerne la fécondité des *Meloidogyne*, pour une analyse complète avec une meilleure interprétation des résultats, notamment pour mieux situer les niveaux de ponte des nématodes à galles, la méthode de l'analyse fréquentielle est employée.

En étudiant l'effet des types de sols sur le développement des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* avec des populations de *M. incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria*, la plupart des données récoltées sont soumises à une analyse de la variance. Les moyennes sont comparées à l'aide du test de Newman et Keuils ( $p < 0,05$ ), et du test de Student ( $p < 0,05$ ) dans le cas

particulier des données de production (calibre et poids des fruits). Les indices (galles et vigueur des plants) sont comparés à l'aide du test du Khi-2 (logiciel Statistica). La même analyse est faite pour ce qui est des essais de résistance des variétés introduites en Algérie.

Pour l'étude des champignons utiles dans le sol, des calculs statistiques sont effectués afin de comparer les différents champignons nématophages. Ils permettent aussi de déterminer le niveau de signification des éventuelles différences entre eux dans un même domaine et entre les différents domaines. Ces calculs sont faits également en fonction des différentes profondeurs et les différents types de sol. Dans ce but, des analyses statistiques comme l'application du test de Fisher "F" avec une analyse de la variance sur les différents champignons nématophages dans un sol traité à 10, 20 et 30 cm de profondeur, sont menées. Le même calcul est fait pour une comparaison avec le sol témoin.

## Chapitre II - Résultats

Après la détermination des espèces de *Meloidogyne*, quelques paramètres bioécologiques des espèces appartenant à ce genre comme leur fécondité et l'influence de quelques types de sols sur leur comportement sont développés.

### 2.1. - Détermination des espèces de *Meloidogyne*

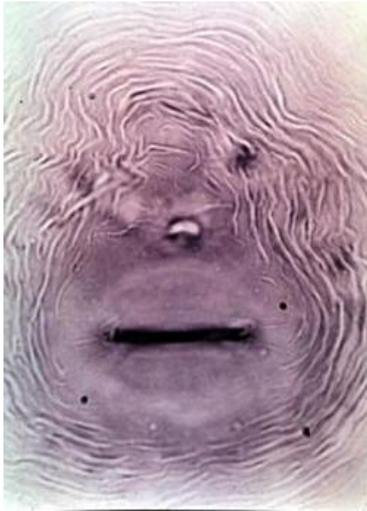
L'observation des régions postérieures des femelles de *Meloidogyne* est un des moyens fiables pour l'identification des espèces. A ce niveau, les caractères spécifiques de toute l'empreinte de la partie postérieure c'est-à-dire l'anus, la vulve, la forme des stries et l'arche sont présents.

Sur les 40 coupes réalisées, nous avons pu identifier trois espèces. Il s'agit de *Meloidogyne incognita* Kofoid & White, 1919, *Meloidogyne javanica* Treub, 1885 et *Meloidogyne arenaria* Chitwood, 1949 (Fig. 16).

Sur la base des caractères morphologiques, il est à remarquer que *M. incognita* domine (A.R. % = 65 %) suivie de *M. arenaria* (A.R. % = 25 %) et *M. javanica* (A.R. % = 10 %).

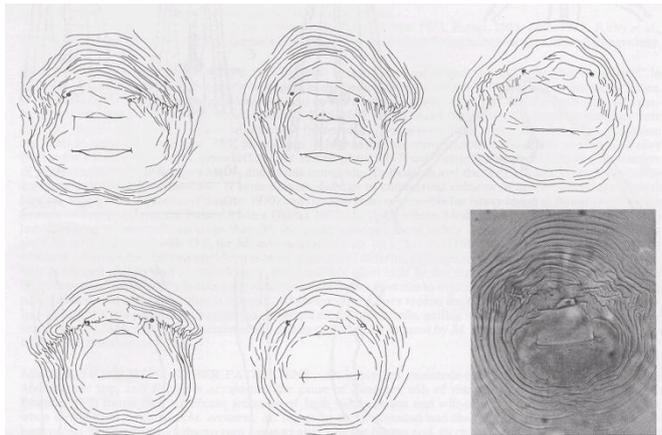
Ces trois espèces occupent d'une manière générale la même niche écologique ; c'est-à-dire au niveau de la même racine, nous pouvons les trouver associées. *Meloidogyne hapla* présente la caractéristique d'être seule sur le système racinaire de la plante.

Certaines figures périnéales observées au microscope montrent que l'arche dorsale est plus étendue que l'arche ventrale de forme rectangulaire avec des stries ondulées parfois en zigzag et par l'absence de ligne latérale. Ces figures se rapprochent de la forme typique de *M. incognita* comme le montre la figure 16. La forme typique de *M. javanica* se caractérise par une arche dorsale de même importance que l'arche ventrale dont l'allure générale est relativement circulaire. La vulve se situe au milieu en l'absence de lignes latérales (Fig. 16). Quant à *M. arenaria*, les descriptions typiques se caractérisent essentiellement par la présence de deux incisures latérales. L'arche dorsale est moins étendue que l'arche ventrale (Fig.16).

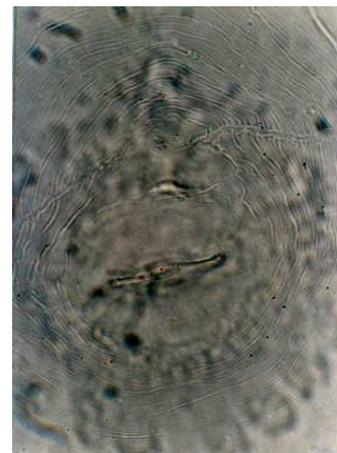


*M. incognita* (<http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/taxadata>)

*M. incognita* (original) (Gros. : 10 X 40)



*M. arenaria* (<http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/taxadata>) *M. arenaria* (Original) (Gros. : 10 X 40)



*M. javanica* (<http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/taxadata>) *M. javanica* (Original) (Gros. : 10 X 40)

Fig. 16 : Figures périnéales (Pattern) des espèces de *Meloidogyne* identifiées dans les régions d'étude

Pour l'étude de la biométrie des *Meloidogyne*, les valeurs des mensurations réalisées sur les trois stades de développement des *Meloidogyne* ; œufs, juvéniles de deuxième stade (J2) et femelle sont représentées dans le tableau 2.

**Tableau 2.** - Mesures de la longueur et de la largeur des œufs et des juvéniles de *Meloidogyne*

Espèces	Œufs						Juvéniles (J2)					
	Long. (µm)			Lar. (µm)			Long. (µm)			Larg. (µm)		
	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
M.I.	144	198	171	45	90	67,5	540	738	369	18	36	27
M.A.	306	161	233,5	63	108	85,5	648	711	679,5	27	36	31,5
M.J.	162	189	175,5	72	81	76,5	648	738	693	36	36	36

**Tableau 3.** - Mesures de la longueur et de la largeur des corps des femelles de *Meloidogyne*

Espèces	Paramètres								
	Long. corps (µm)			Lar. corps (µm)			Long. Cou (µm)		
	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
M.I.	333	1098	715,5	234	495	364,5	63	495	279
M.A.	414	675	544,5	279	486	382,5	45	378	211,5
M.J.	477	607,5	607,5	279	522	400,5	153	333	243

- M.I. : *Meloidogyne incognita*
- M.a. : *Meloidogyne arenaria*
- M.J. : *Meloidogyne javanica*

Les mensurations moyennes de la longueur des œufs effectuées sur un nombre de 40 sont de 171 µm pour *M. incognita*, de 233,5 µm pour *M. arenaria* et de 175,5 µm pour *M. javanica*. La largeur des œufs nous donne pour *M. incognita* une moyenne de 67,5 µm, pour *M. arenaria* 87,5 µm et *M. javanica* 76,5 µm. Les mensurations de la longueur enregistrées sur les juvéniles infestantes révèlent une moyenne de 738 pour *M. incognita*, de 711 pour *M. arenaria* et de 738 pour *M. javanica*. La moyenne de la largeur présente également une légère différence entre les individus mis en observation. Elle est de 27 µm pour *M. incognita*, de 31,5 µm pour *M. arenaria* et de 36 µm pour *M. javanica*. Les analyses statistiques en se basant sur le test de Duncun ne donnent aucune différence significative (Tableau 2), (Fig. 17).

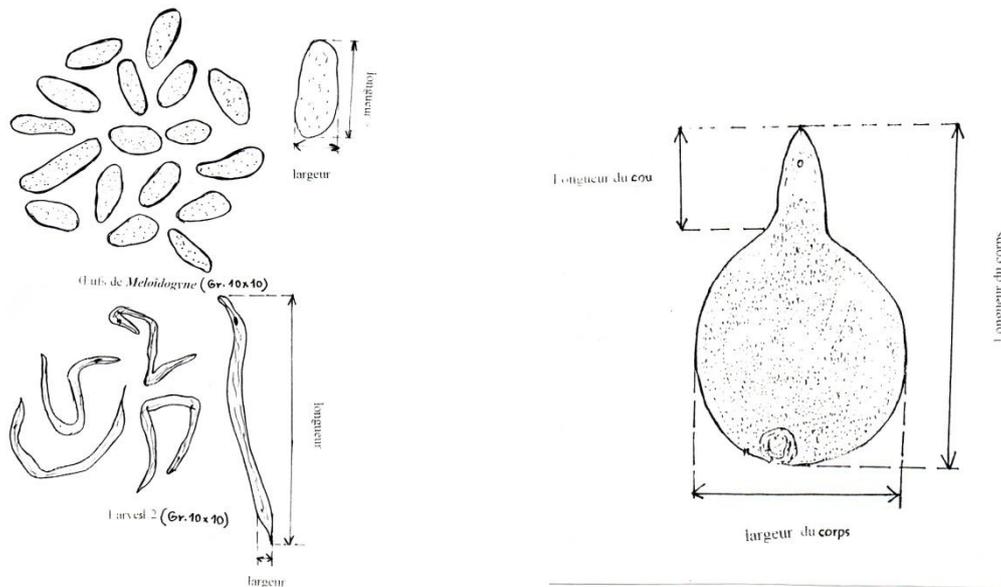


Fig. 17 – Mensurations des œufs, des larves de deuxième stade et des femelles des trois espèces de *Meloidogyne*

Concernant les mensurations des femelles, la longueur et la largeur du corps, puis la longueur de cou sont pris en considération.

➤ Longueur du corps

Les résultats des mensurations de la longueur du corps effectuées sur 40 individus des trois populations de *Meloidogyne* varient d'une espèce à une autre et même d'un individu à un autre. Elles varient entre 333 à 1.098  $\mu\text{m}$  enregistrée chez *M. incognita*, entre 414 et 675  $\mu\text{m}$  chez *M. arenaria* et entre 477 et 738  $\mu\text{m}$  pour *M. javanica*.

L'analyse de la variance basée sur le test de Dunkun, montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les trois espèces inventoriées par rapport au premier caractère, soit longueur du corps.

➤ Largeur du corps

Avec le même test, une comparaison des mensurations obtenues concernant la largeur du corps de la femelle est réalisée. Les résultats ne sont pas significatifs entre les individus des trois populations de *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria*. Effectivement, ces mensurations mettent en évidence des chevauchements d'une part entre les longueurs des femelles des 3 espèces et d'autre part entre les largeurs de leurs corps.

➤ Longueur du cou

Malgré la difficulté de réaliser des mensurations sur le cou du fait de ses limites imprécises, ce critère est employé comme complément dans la présente étude, comme possibilité pour différencier ces espèces. Compte tenu de l'hétérogénéité des formes des *Meloidogyne* (Fig. 17) et des observations sur le corps et beaucoup plus sur le cou, il est décidé de prendre ces critères avec un même manipulateur pour réduire au maximum les risques d'erreurs.

Les comparaisons faites entre les trois espèces identifiées sur la base de la figure périnéale (Pattern) ne révèlent pas de différences significatives. Les calculs faits avec le test de Dunkun montrent des chevauchements entre les longueurs du cou des individus mis en observation sous microscope et mesurés. Cela veut dire que l'hétérogénéité des formes du corps (longueur, largeur et longueur du cou confondus) n'est pas liée aux différences entre les espèces mais elles peuvent être liées à la compétition, à l'âge et aux conditions de vie (plante-hôte, développement racinaire dépendant d'une bonne ou mauvaise fertilisation et de la texture du sol) (Tableau 3), (Fig. 17, 18).

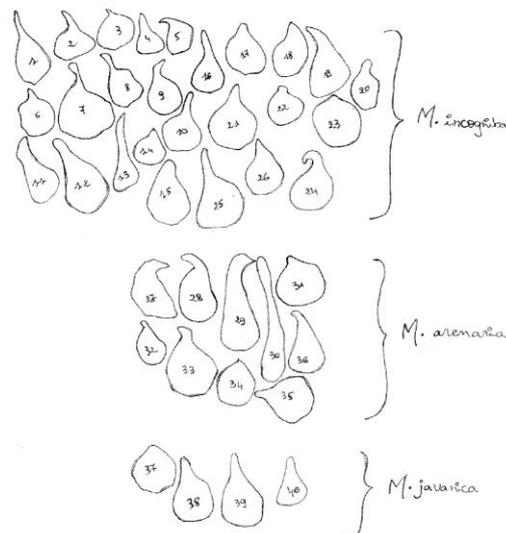


Fig. 18 – Mensurations des femelles des trois espèces de *Meloidogyne* rencontrées dans les régions d'étude (Gros. 10 X 25)

## 2.2. - Etude de la fécondité des espèces de *Meloidogyne*

Pour une meilleure interprétation des résultats obtenus, la méthode de l'analyse fréquentielle est utilisée, pour mieux situer les niveaux de ponte des nématodes à galles dans les régions retenues.

Les résultats ont permis d'obtenir des classes liées aux femelles récoltées. Il apparaît que 34 % des femelles de *Meloidogyne* ont une fécondité de 301 à 400 œufs par femelle et 30 % avec un nombre de 201 à 300 œufs. Le minimum de ponte est de 101 à 200 œufs occupant la deuxième classe et le maximum est de 801 à 900 situé à la neuvième place (Tableau 4) (Fig.19).

**Tableau 4** : Fécondité des *Meloidogyne* en fonction des classes de fécondité

Classes	Fréquences relatives (%)	Effectifs / 50
0 à 100 œufs	0	0
101 à 200 œufs	14	7
201 à 300 œufs	30	15
301 à 400 œufs	34	17
401 à 500 œufs	14	7
501 à 600 œufs	2	1
601 à 700 œufs	4	2
701 à 800 œufs	0	0
801 à 900 œufs	2	1

Les œufs contenus dans les masses gélatineuses, mis en incubation dans une quantité d'eau à  $25 \pm 1$  ° C, ont donné une éclosion échelonnée dans le temps. Les conditions de laboratoire sont différentes de celles du terrain. Il faut souligner que ce facteur est déterminant dans les degrés d'infestation des cultures par ces nématodes endoparasites. Car il représente le potentiel infectieux dans le sol (Fig. 20).

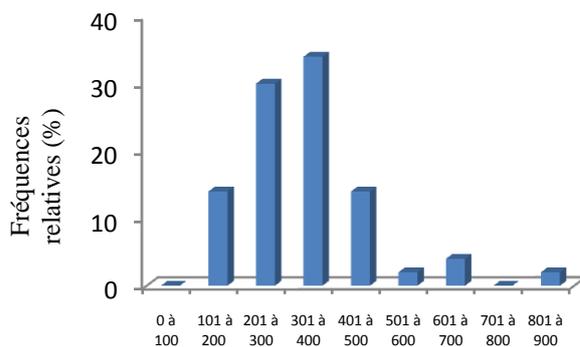


Fig. 19 : Fréquences relatives des pontes de *Meloidogyne*

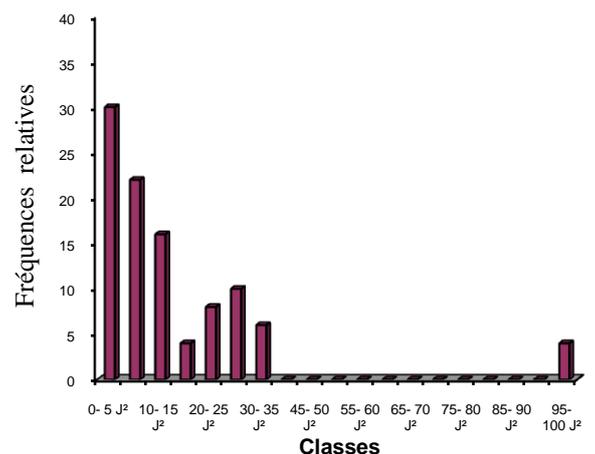


Fig. 20 : Eclosion des oeufs de *Meloidogyne* sp.

### 2.2.1. - Eclosion des œufs de *Meloidogyne*

Une importante différence entre les éclosions après 15 jours d'incubation à une température de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . est mise en évidence (Fig. 21). L'étude fréquentielle de l'éclosion a permis de faire un classement selon un ordre croissant.

- 30 % des œufs ayant donné de 0 à 5 J2
- 22 % des œufs ayant donné de 6 à 10 J2
- 16 % des œufs ayant donné de 11 à 15 J2
- 4 % des œufs ayant donné de 16 à 20 J2
- 8 % des œufs ayant donné de 21 à 25 J2
- 10 % des œufs ayant donné de 26 à 30 J2
- 6 % des œufs ayant donné de 31 à 35 J2
- 2 % des œufs ayant donné de 90 à 95 J2

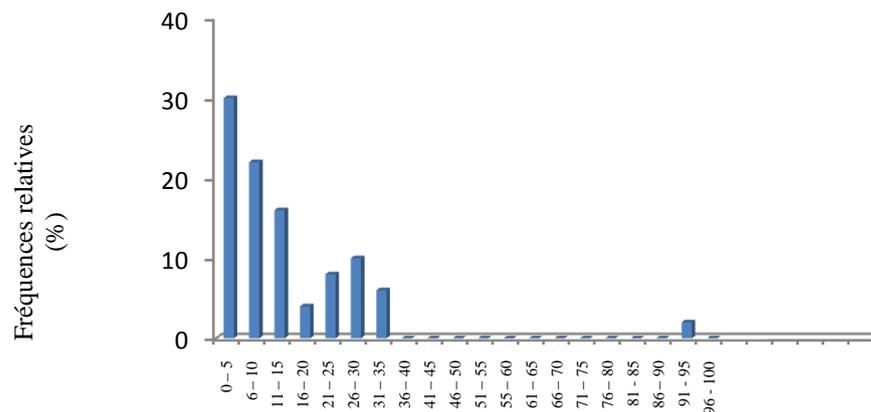


Fig . 21 : Classes des pontes de *Meloidogyne*

L'éclosion réduite dans des conditions optimales de développement ( $25^\circ\text{C}$ ) pourrait être due à la diapause induite par un choc thermique survenant lors du déplacement des plants infestés du terrain jusqu' au laboratoire. Il est à rappeler que l'induction d'une forte diapause pourrait être liée à une résistance de la plante. Ce pourcentage de diapause est lié également aux conditions climatiques, à la plante hôte et à l'espèce elle-même mais également à la souche du nématode en question (Fig. 21).

## 2.3. - Effet de quelques types de sols sur le comportement des nématodes à galles (*Meloidogyne*)

### 2.3.1. - Caractéristiques physico-chimiques des sols testés

Les résultats liés à la texture et les caractéristiques chimiques sont consignés dans le tableau 5.

Tableau 5 - Résultats des analyses chimiques de trois types de sol

Paramètres étudiés	Types de sols		
	Sol S	Sol AL	Sol LS
Composantes chimiques			
pH. H <sub>2</sub> O	8,33	8,29	8,3
Calcaire (%)	35,65	3,47	2,6
Carbone (%)	1,23	0,92	0,61
Matière organique (%)	2,12	1,59	1,05
Azote (PPM)	80	60	60
Potassium (meq./100 g de sol)	0,3	0,23	0,39
Magnésium (meq./100 g de sol)	3,6	4,8	5,6

Pour ce qui est du sol S, le triangle de texture de HENIN (1969) indique que ce sol est d'une texture sablo-limoneuse, avec une dominance de sable par rapport à l'argile et au limon (Fig. 22). Ce sol est moyennement alcalin, avec un taux de calcaire supérieur à 30 %. C'est donc un sol très calcaire avec une forte teneur en matière organique, riche en azote assimilable et une teneur moyenne en potassium et en magnésium (Tab. 5).

Le sol AL est un sol lourd, avec un taux élevé d'argile (Fig. 22). Sa texture est argilo-limoneuse, moyennement alcaline (Tab. 5 ). Le taux de calcaire ne dépasse pas 5 % avec une forte teneur en matière organique et en azote assimilable. Il contient également une assez forte teneur en potassium et en magnésium (Tab. 5 ).

Le sol LS quant à lui est limono-sableux. Son pH est moyennement alcalin (Tab. 5). Il contient peu de calcaire (5 %) avec une forte teneur en matière organique. Il est riche en azote assimilable. Ses teneurs en potassium et en magnésium sont considérées comme bonnes (Fig.22).

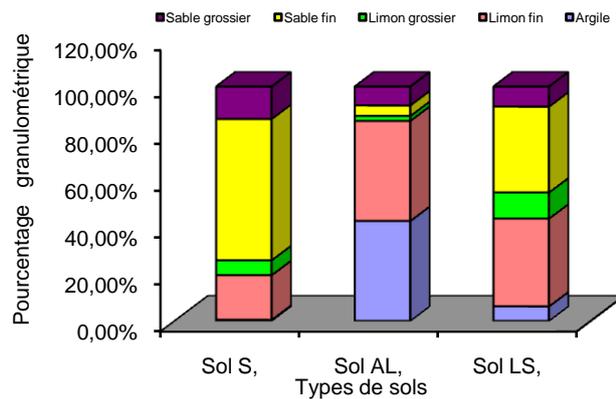


Fig. 22 : Pourcentage granulométrique des différents types de sol

Sol S. : Sol sableux

Sol A.L. : Sol argilo- limoneux

Sol L.S. : Sol limono- sableux

### 2.3.2. - Evolution de la population de *Meloidogyne*

Les résultats liés à la nématofaune montrent que la plante hôte présente des sensibilités comparables pour les 3 espèces de *Meloidogyne*. Leurs indices de galles moyens sont de 1,58 pour *Meloidogyne incognita* en sol sableux, de 1,75 pour *M. javanica* en sol argileux et de 1,5 pour *M. arenaria* en sol intermédiaire (Fig. 23). Le nombre d'œufs observé au niveau du sol sableux est légèrement plus élevé (2.345) que celui trouvé dans les deux autres types de sol (1.987 pour l'argilo-limoneux et 2.034 pour le limono-sableux) (Fig. 24). Néanmoins l'analyse statistique ne montre aucune différence significative. Pourtant, le nombre de J2 et de J3 trouvés dans le sol limono-sableux est significativement plus élevé que celui trouvé dans les sols sableux et argilo-limoneux (Fig. 25). Ceci montre que les larves J2 et J3 trouvent de meilleures conditions de développement dans le sol argilo-limoneux (Fig. 25).

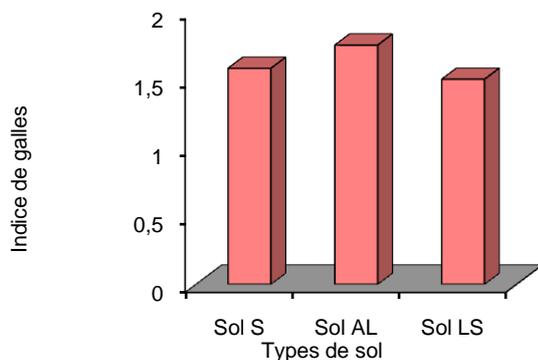


Fig. 23 - Evolution de l'indice de galles en fonction des types de sol

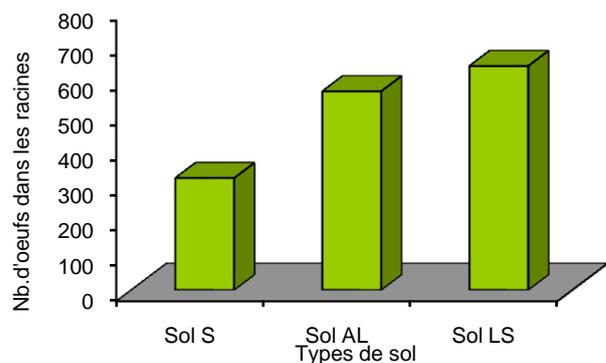


Fig. 24 - Evolution du nombre d'œufs dans les racines en fonction des trois types de sol

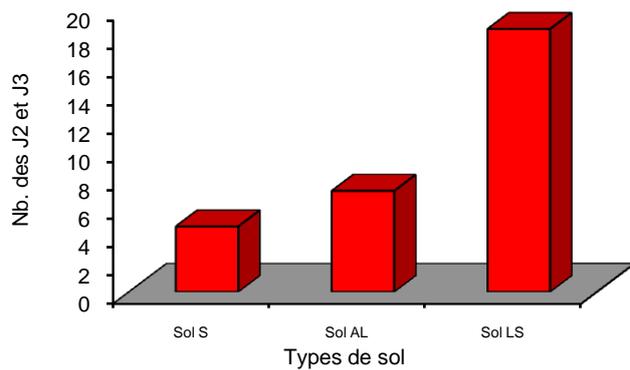


Fig. 25 - Evolution du nb. des J2 et J3 en fonction des trois types de sol

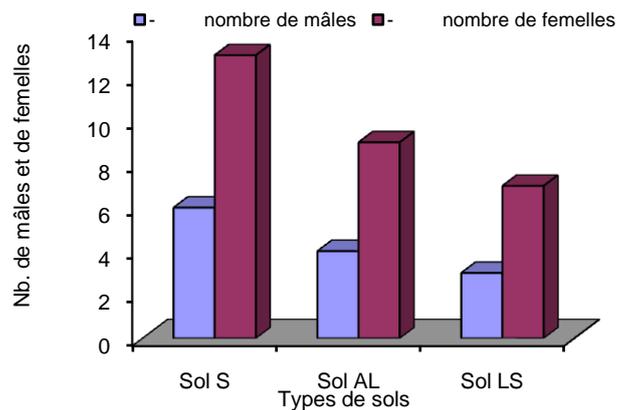


Fig. 26 - Evolution du nombre de mâles et de femelles en fonction des trois types de sol

Le nombre de mâles et des femelles recueillis au cours de la fin de la culture est très faible. Ceci est dû au fait que les mâles sont généralement à l'extérieur du système racinaire et que ces nématodes à galles sont parthénogénétiques. Pour ce qui est des femelles, la centrifugation même avec une faible vitesse de rotation peut provoquer leur l'éclatement (Fig. 26). De là, la population finale peut être calculée ( $P_f = P_{\text{racines}} + P_{\text{sol}}$ ) ainsi que le taux de multiplication ( $T_x = P_f / P_i$ ). En effet, les populations, après toute cette période de culture, sont de 2.680 pour le sol S. (sableux) (taux de reproduction = 4,12), 2.272 pour le sol AL (argilo-limoneux) (taux de reproduction = 3,49) et 2.327 pour le sol LS (limono-sableux) (taux de reproduction = 3,58) ( Fig. 27).

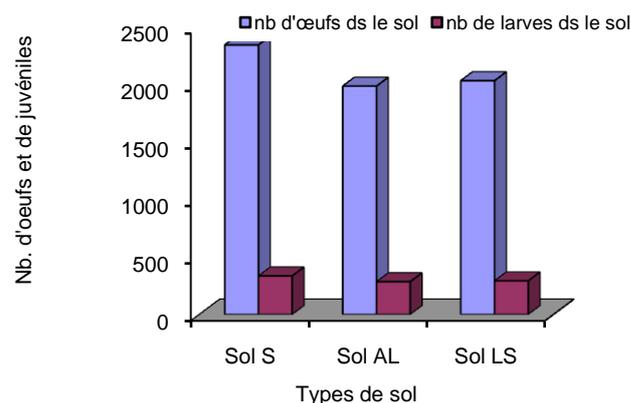


Fig. 27 - Evolution de la population des *Meloidogyne* dans les différents types de sol

### **2.3.3. - Réaction de la plante vis-à-vis des espèces de *Meloidogyne* dans les différents types de sols**

Les moyennes des indices de vigueur des plants de melon infestés par les nématodes à galles, montrent une diminution progressive au cours du développement de la plante durant la phase d'expérimentation (Fig. 28), ce qui explique réellement l'effet de l'inoculum de 650 juvéniles infestantes de *Meloidogyne* sur les plants repiqués. Les symptômes observés suite aux infestations se caractérisent par un flétrissement partiel des plantes ainsi que par un jaunissement et un dessèchement des feuilles. Les galles formées sont sphériques ou ellipsoïdales avec plusieurs femelles et mâles et des masses d'œufs.

Il apparaît, d'une façon très nette, que la plante a une meilleure vigueur dans le sol sableux aussi bien dans le lot témoin que dans le lot inoculé. Le poids des tiges et des racines reste plus important. Il faut noter que les *Meloidogyne* peuvent provoquer même le dépérissement des plantes pérennes cultivées. La longueur des racines exprimée en centimètres est légèrement plus grande dans le sol sableux par rapport aux deux autres types de sol. Néanmoins l'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les sols.

Si l'opérateur se base sur le poids et le calibre des fruits, les résultats révèlent d'une manière très expressive que le meilleur rendement correspond au sol sableux. Dans ce type de sol, les fruits sont d'un calibre plus important. De plus, au goût, le fruit reste excellent, sucré et très parfumé. D'après les résultats enregistrés en fonction des paramètres étudiés pour chaque type de sol, il est à souligner que les *Meloidogyne* se développent dans les trois types de sols. Les caractéristiques des différents types de substrats n'ont pas d'effet considérable sur la migration horizontale et verticale des nématodes à galles.

Il sera indispensable de corréliser entre les différents paramètres étudiés : matière organique, granulométrie, pH et éléments nutritifs pour pouvoir émettre des hypothèses pouvant jouer un rôle important dans la limitation des populations des *Meloidogyne*. Il est clair que pour lutter contre les nématodes il faut toujours combiner les pratiques culturales, la résistance variétale avec les agents de lutte biologique.

## **2.4. - Premier essai : Comportement des variétés cultivées de tomate (neptune et narita) en comparaison avec les Cucurbitaceae (concombre var. marketer; melon var. charantais,) vis-à-vis d'une population de 3000 J2 de *Meloidogyne***

Le premier essai est réalisé dans une serre en verre à l'Institut National de Protection des végétaux d'El Harrach. La période d'expérimentation s'est étalée sur quatre mois entre le mois de février jusqu'à la fin mai. Les paramètres retenus pour cette expérimentation sont : l'indice de vigueur, l'indice de galles et l'évolution de la population de *Meloidogyne*. L'inoculum initial est de 3000 J2 infestantes de *Meloidogyne* par pot et dans un sol stérilisé.

### **2.4.1.- Indice de vigueur moyen**

Les résultats obtenus font ressortir nettement un indice de vigueur qui évolue vers un déclin lent jusqu'à la fin du troisième mois (Fig. 29). Ce phénomène est observé pour les deux variétés de Cucurbitacées utilisées, concombre marketer et melon charantais. En effet, l'analyse statistique basée sur l'analyse de la variance révèle une différence non significative entre les deux variétés. Tout de même, il est remarqué que cet indice pour la variété marketer infestée ou inoculée est légèrement inférieur à celui mentionné pour le témoin autant au cours qu'à la fin de la culture. Il est de 3,7 pour le bloc inoculé et de 4 pour le bloc témoin. Ce paramètre renseigne sur la capacité des variétés à supporter d'avantage les attaques des *Meloidogyne*. Il faut noter que malgré toute la prévention prise pour éviter toute attaque d'agents pathogènes, oïdium, aleurodes, pucerons et acariens, quelques infestations localisées sont observées sur tous les blocs sans nuire au bon déroulement de l'essai. Les variétés de tomate, neptune et narita, ont enregistré des indices de vigueur supérieurs à ceux obtenus pour les cucurbitacées. Il est de 4 pour narita et de 3,9 pour neptune et de 3,9 pour les témoins. La comparaison entre les variétés testées nous donne des différences significatives entre les cucurbitacées et les variétés de tomate utilisées. Elle l'est également en comparant le melon charantais avec le concombre marketer (Fig. 29).

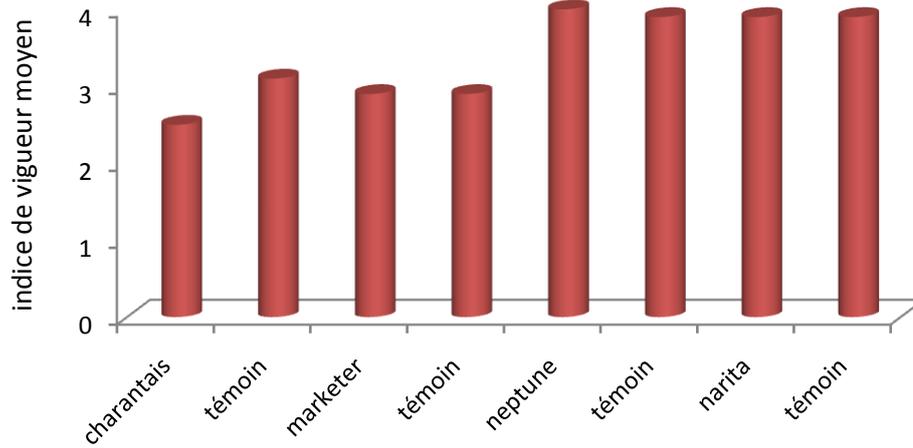


Fig. 29 - Evolution de l'indice de vigueur moyen (I.V.M.) en fonction des variétés testées

## 2.4.2. – Paramètres liés à l'évolution de la population de *Meloidogyne* sur la culture

### 2.4.2.1. – Indice de galle en fin de culture

L'évaluation de l'indice de galles moyen observé sur les racines pour une meilleure appréciation de l'état de santé des racines après un temps assez long permettant la multiplication des nématodes est réalisée sur une période de 90 jours. L'indice de galles moyen (I.G. moy.) pour ces deux variétés est en dessous du seuil de nuisibilité qui est de 3 pour les Cucurbitacées. En effet, l'indice de galles moyen est de 0,5 pour marketer et de 2,5 pour la variété charantais. Il est possible de dire que les plants soumis à un nombre important de juvéniles, 3.000 J2/plant, ont réagi par une résistance notable sur concombre marketer (I.G. de 0,5). Par contre, la variété de melon charantais n'a pas manifesté une résistance vis-à-vis des juvéniles de *Meloidogyne*. Dans ce cas, l'indice de galles est important sans toutefois atteindre le seuil de nuisibilité qui est égale à 3. Cette dernière est multiplicatrice de nématodes à galles augmentant ainsi les risques d'infestation des cultures futures. Concernant les variétés de tomate, cet indice est beaucoup plus inférieur par rapport à celui obtenu chez les cucurbitacées. En effet l'indice de galles moyen obtenu en fin de culture est de 0,5 pour neptue et de 0,6 pour narita (Fig. 30). L'analyse de la variance (test F de Snedecor et test de Newman et Keuls au seuil de 5 % mettent en évidence une différence significative entre les deux variétés de cucurbitacées. Une différence hautement significative est obtenue en comparant le melon charantais et le concombre marketer avec les variétés de tomate neptune et narita).

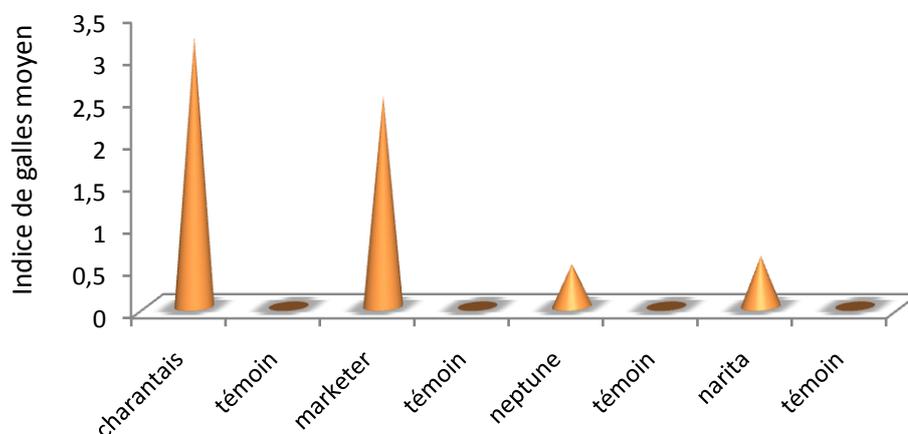


Fig. 30 - Evolution de l'indice de galles moyen (I.G.M.) des variétés testées

#### 2.4.2.2. – Nombre de nématodes par stade de développement

L'extraction des nématodes présents dans une masse racinaire de 5 grammes est réalisée à la fin de la culture après l'arrachage des plants. Il est à constater que les œufs sont en nombre réduit au niveau des deux variétés, melon charantais (8 œufs) et concombre marketer (4 œufs) (fig. 31). Le nombre de larves juvéniles (J2) infestantes reste réduit sur les deux variétés. Il est de 4 pour le melon charantais et de 1 pour le concombre marketer. Par contre, le nombre de femelles s'avère plus élevé. Il est de 50 pour la variété charantais et de 15 pour la variété marketer malgré le faible indice de galles enregistré pour cette deuxième variété. A la fin des comptages, le nombre de mâles reste toujours réduit dans les deux cas suite à une évolution dans de bonnes conditions de conduite des cultures donnant ainsi un nombre de femelles parthénogénétiques plus important que celui des mâles. Le total de la population de *Meloidogyne*, en fin de culture est de 66 pour narita et de 84 pour neptune. Le nombre de femelles s'avère également plus élevé. Il est de 60 pour narita et de 49 pour neptune. Le nombre de juvéniles infestantes reste réduit pour les deux variétés. Il est de 17 pour neptune et de 14 pour narita. Il en est de même pour ce qui est du nombre de mâles. En effet, le nombre est de 5 pour neptune et de 3 pour narita. Il est à constater que le nombre d'œufs est très réduit au niveau des deux variétés, neptune (2 œufs) et narita (0). L'analyse de la variance fait ressortir une différence significative entre les deux variétés concernant le nombre de femelles et les œufs, ce qui confirme les résultats enregistrés sur l'indice de galles qui est plus important pour la variété charantais. La population obtenue par 5 g de racines est

élevée au niveau des deux variétés de tomate malgré l'indice de galles réduit (Fig. 31). La comparaison entre les deux variétés de tomate nous donne une différence non significative sur les différents stades dénombrés. Par contre les résultats obtenus au niveau des deux variétés de cucurbitacées, charantais et marketer comparés à ceux obtenus pour les variétés de tomate neptune et narita nous donne une différence hautement significative.

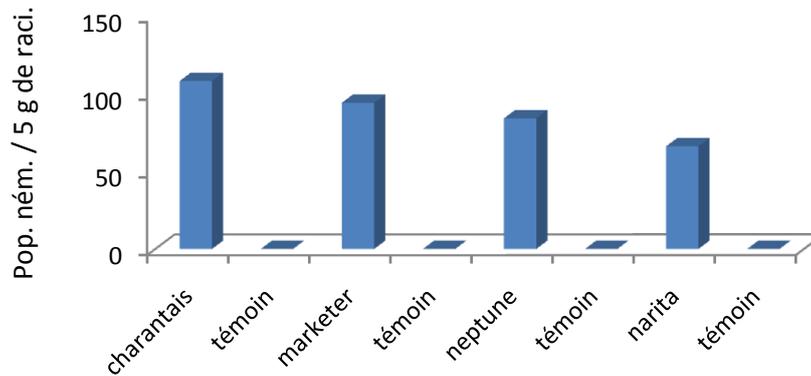


Fig. 31 - Evolution de la population des *Meloidogyne* en fonction des variétés testées

## 2.5. – Deuxième essai : comportement des variétés de tomate en comparaison avec les piments et poivrons à l'égard d'un inoculum de 6.000 J2 de *Meloidogyne*

### 2.5.1. – Indice de vigueur des plants

#### 2.5.1.1. - Cas des deux variétés de tomate (dona et fandango)

De la même manière que les autres essais, en observant la partie épigée de la plante qui est une expression physiologique d'un bon état de santé ou le contraire, l'indice de vigueur moyen pour cet essai diminue à partir du troisième mois de la plantation pour les deux variétés de tomate (dona et fandango). Il est de 2.2 pour dona comparé à 1.9 pour celui de fandango. Cette diminution est due essentiellement à la réaction d'hypersensibilité suite aux infestations massives provenant de la multiplication des *Meloidogyne* sur ces plantes. L'importance des attaques des nématodes augmente avec l'âge de la plante sans oublier que les attaques précoces peuvent être fatales. Les symptômes des infestations se caractérisent par le flétrissement partiel ou total, parfois par un jaunissement des feuilles pouvant arriver au dépérissement en cours de culture (Fig.32).

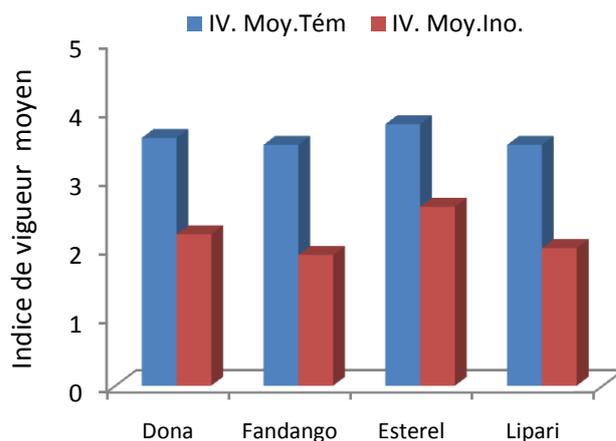


Fig. 32 - Indices de vigueur moyen (I.V.M.) des variétés testées

### 2.5.1.2. – Cas des deux variétés de piment et poivron (lipari et esterel) comparées avec les deux variétés de tomate (fandango et dona)

Parmi les cultures maraîchères présentant une résistance aux attaques des *Meloidogyne*, les piments et poivrons sont dotés de gènes de résistance leur conférant une possibilité de développement même dans les sols infestés. Néanmoins ces cultures peuvent être considérées comme mauvais précédents culturels étant multiplicatrices de nématodes sans symptômes visibles à l'œil nu ou avec des indices de galles (IG.) moins importants ou inférieurs au seuil de nuisibilité. Les observations faites concernant le présent essai ont révélé que la variété esterel n'a pas pu échapper aux attaques des *Meloidogyne*, son IG. moyen est de 2.1 par rapport à lipari qui est de 1.1 avec des pourcentages d'infestation de 34.8 et de 15 % respectivement (Fig.33, 34). L'évolution de la population des nématodes à galles après inoculation d'une population initiale de 6.000 J2 a donné une population finale de 48 et 20 œufs pour les deux variétés testées ; lipari et esterel avec 1.000 et 243 juvéniles par 5 grammes de racine. Fandango a donné un nombre d'œufs de 498 et dona 60 œufs par 5 g de racine (Fig.35). Les deux variétés de piment poivron ont développé un système racinaire moins important par rapport à la tomate. Les résultats obtenus pour cette variété en fonction des paramètres liés à la plante se sont révélés statistiquement non significatifs. Ceci s'explique par l'agressivité de la souche de *Meloidogyne*, de l'inoculum lui-même ou par les conditions de température assez élevée coïncidant avec la période de mai à juillet. Cette dernière est capable de briser la résistance de ces variétés dites résistantes. Il est possible de dire que la gestion des problèmes nématologiques entre autres les *Meloidogyne* par la résistance culturale pourrait être une alternative fiable dans le procédé de lutte contre les nématodes phytoparasites. Les variétés hybrides sont plus intéressantes (haut potentiel de

production, précocité et résistance aux parasites et aux maladies). En effet, les conditions artificielles créées par l'homme dans le but d'optimiser les rendements et hâter la production (précocité) d'une variété sont favorables au développement des parasites également. Dans ces conditions, il faut absolument s'orienter vers les variétés présentant des caractères de résistance en maîtrisant leur installation en fonction de la pression exercée par le nématode en question.

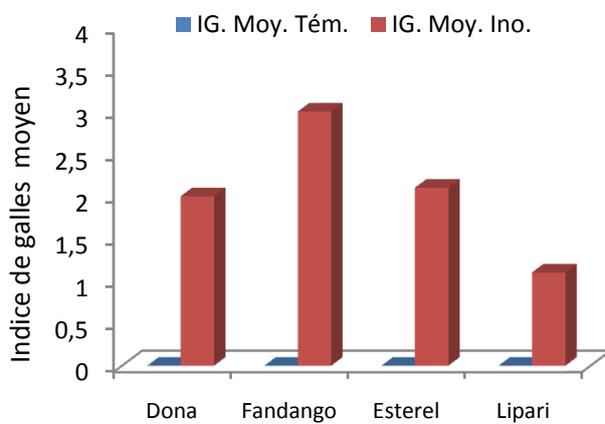


Fig. 33 - Indices de galles moyen (I.G.M.) des variétés testées

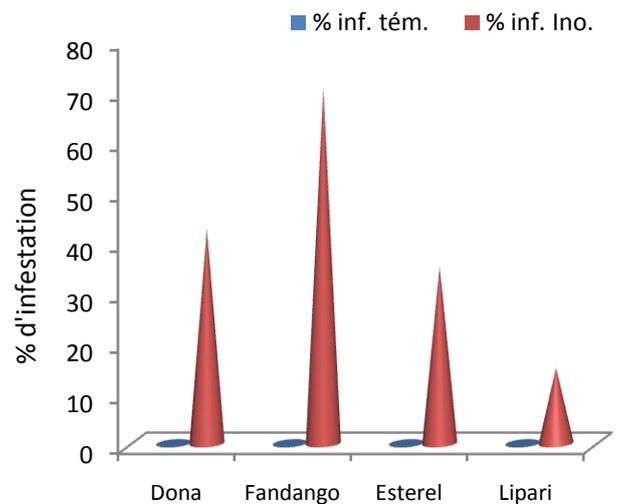


Fig. 34 - Pourcentages d'infestation des variétés testées

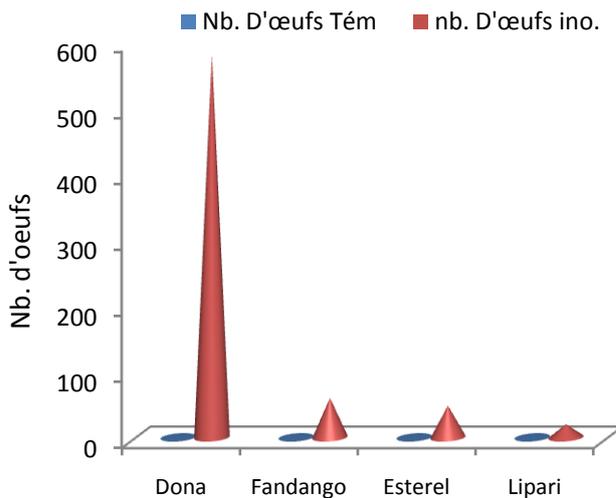


Fig. 35 - Nombres d'oeufs des variétés testées

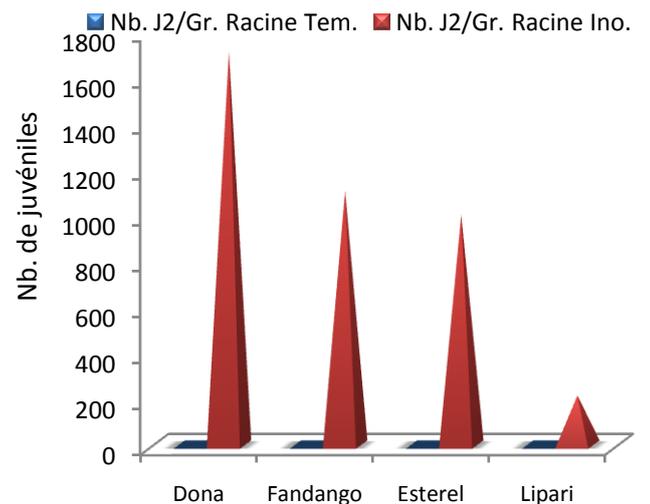


Fig. 36- Nombres de juvéniles par 5 grammes de racine

La comparaison des résultats analysés de la réaction de la plante et de la nématofaune montre une certaine résistance des variétés hybrides telles que dona à un inoculum de 6.000 larves infestantes (J2). La variété fandango s'est montrée très sensible. Elle a permis le développement des nématodes à galles au niveau des racines prélevées. Il est à préciser que les attaques de ce genre peuvent entraîner une diminution de la récolte. Les deux variétés de piment et de poivron, lipari et estérel testées, n'ont pas pu échapper aux attaques des *Meloidogyne* et présentent ainsi un indice de galles de 2.1 avec un pourcentage d'infestation de 34,8 % pour lipari et 1.1 avec une infestation de 15 % pour estérel. Pour ce qui est de la nématofaune, une récapitulation des résultats obtenus est présentée dans le tableau 6.

**Tableau 6** - Comparaison entre les différentes variétés en fonction de la nématofaune obtenue

	<b>Variétés étudiées (Tomate et Piment poivron)</b>			
Effectifs des stades	Dona	Fandango	Lipari	Esterel
Nombre d'œufs	60	498	20	48
Nombre de larves	1105	1709	213	1000
Nombre de femelles	3	4	2	4
% d'infestation	42.5	70.33	15	34.1

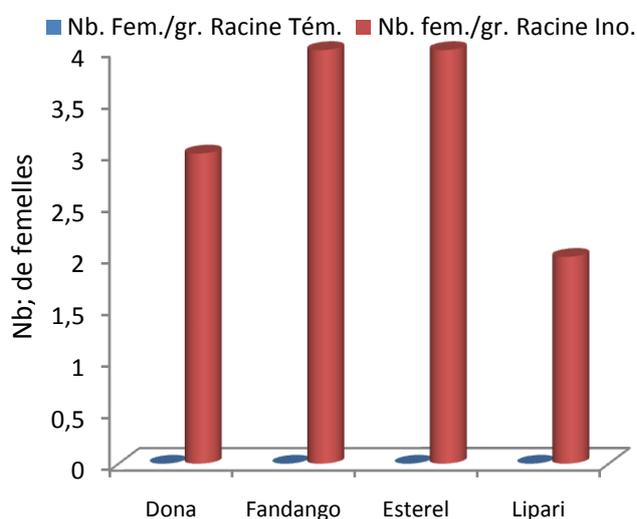


Fig. 37 - Nombres de femelles par 5 grammes de racine

Il ressort que:

- la variété de tomate dona est moins sensible par rapport à fandango (Tab. 6).
- les variétés de piment et de poivron (lipari et estérel) sont beaucoup plus résistantes aux nématodes à galles en comparaison avec celles de tomates.
- Les pourcentages d'infestation sont moins importants chez lipari et estérel par rapport à dona et fandango.

Par ailleurs, le nombre de femelles reste presque constant pour les quatre variétés étudiées. Il est clair qu'une extraction et une masse racinaire de 5 g. prise au hasard, ne donnent qu'un nombre réduit de femelles. Ajoutons à cela le principe du mixeur qui peut jouer un rôle important dans l'éclatement des femelles. La résistance de lipari et estérel en comparaison avec dona et fandango apparaît significative. Mais ces plantes peuvent être considérées comme de mauvais précédents culturels du fait qu'elles multiplient les nématodes et qu'elles ne sont pas totalement résistantes. Même en ayant des variétés résistantes, il n'est pas possible d'exclure la possibilité de sélectionner des races ou des pathotypes agressifs (Fig. 37).

## **2.6. - Etude de la microflore utile des sols des différentes régions prospectées**

### **2.6.1. - Espèces des champignons prédateurs et parasites des nématodes répertoriées**

D'après les différentes clés de détermination 12 espèces de champignons nématophages (prédatrices et parasites) sont inventoriées *Arthrobotrys dactyloides*, *A. musiformis*, *A. oligospora*, *Dactylaria brochopaga*, *Dactylella leptospora*, *D. ellipospora*, *Myzocyttium sp.*, *Rhopalomyces elegans*, *Triposporina aphanopaga*, *Stylopaga cephalote*, *Harposporium anguillulae*, et *Harposporium sp.* (Fig. 38)

### **2.6.2. - Présentation fréquentielle des différentes espèces de champignons utiles dans les différents domaines à différentes profondeurs et différents sols**

#### **2.6.2.1. - Région de Staoueli**

##### **2.6.2.1.1. - Sols non traités à 10, 20 et 30 cm de profondeur (témoins)**

Les sols non traités sont considérés comme témoins dans la présente expérimentation; c'est-à-dire ne présentant aucune molécule nématocide ou insecticide dans la couche arable appelée rhizosphère de 0 à 30 cm de profondeur. Ils ont les mêmes caractéristiques que les sols traités du point de vue granulométrie, humidité, pH. et matière organique "M.O.". Il est à remarquer que les dix premiers centimètres présentent une richesse notable en espèces de champignons parasites et prédateurs dont 10 espèces de champignons utiles sont inventoriées. *Arthrobotrys musiformis* domine dans les cinq domaines prospectés. Elle est abondante au niveau du domaine Bounaama avec une fréquence d'occurrence de 100 %; les autres domaines tels que zone 33 (12,5 %), Djad Boualem (F.O % = 50 %), Mokhtari (F.O % = 50 %) et Yakoubi (F.O % = 37,5 %) montrent des fréquences variables. *Arthrobotrys dactyloides* est observée dans quatre domaines, ceux de Bounaama (F.O % = 25 %), zone 33 (F.O % = 25 %), Mokhtari (F.O % = 25 %) et Yakoubi (F.O % = 37,5 %). *Rhopalomyces elegans* apparaît comme espèce modeste dans cet inventaire car elle est observée dans le domaine zone 33 (F.O % = 25 %), Mokhtari (F.O % = 50 %) et Yakoubi (F.O % = 50 %) avec des fréquences variables. Il est observé une faible présence de 12,5 % d'*A. oligospora* dans les domaines de la zone 33 et de Mokhtari. Les observations sur *Dactylella ellipospora* font mention de sa présence dans le domaine Mokhtari (F.O % = 37,5 %) et Yakoubi (F.O % = 12,5 %). *Dactylaria brochopaga* est présente dans deux domaines, ceux de Djad Boualeme (F.O % = 25 %) et de Yakoubi (F.O % = 12,5 %). Ce dernier domaine est plus riche en espèces que les autres, car il est mentionné également deux espèces, celles de *Harposporium anguillulae* (F.O % = 25 %) et de

*Harposporium sp.* (F.O % = 12,5 %). Quant à *Stylopaga cephalote*, nous l'avons observée dans le domaine Mokhtari uniquement avec une fréquence de 37,5 % (Fig.39).

A 20 cm de profondeur, sept espèces sont répertoriées d'une manière hétérogène dans les différents sols des cinq domaines prospectés à Staoueli. Il s'agit de *Arthrobotrys musiformis* qui est la plus fréquente dans les toutes les régions. Sa fréquence d'occurrence est de 100 % (Bounaama), 87,5 % (zone 33), 75 % (Djad Boualem), 50 % (Mokhtari) et 75 % (Yakoubi). A cette espèce s'ajoute *A. dactyloïdes* observée dans quatre domaines, à Bounaama (F.O % = 12,5 %), en zone 33 (F.O % = 62,5 %), à Djad Boualem (F.O % = 62,5 %) et Yakoubi (F.O % = 62,5%). Le genre *Myzocytiium* est vu dans le domaine Bounaama (F.O % = 50 %) et Mokhtari avec (F.O % = 37,5 %). *Rhopalomyces elegans* est observée en zone 33 (F.O % = 87,5 %) et à Yakoubi (F.O % = 12,5 %). *Harposporium anguillulae* est observée dans deux régions qui sont le domaine zone 33 (F.O % = 25 %) et Yakoubi avec une fréquence de 12,5 %. *Dactylella brochopaga* est présente dans les domaines Mokhtari et Yakoubi avec la même fréquence d'occurrence de 25 %. Cette dernière est observée uniquement à Yakoubi avec une fréquence d'occurrence de 12,5 % (Fig. 40). A 30 cm, les espèces les plus fréquentes sont toujours *Arthrobotrys musiformis* qui est répandue dans les cinq domaines prospectés. Elle est l'unique représentante de cette microflore dans le domaine Djad Boualem à cette profondeur. Elle est suivie de *Rhopalomyces elegans* observée dans trois domaines Bounaama et le domaine de la zone 33 avec une même fréquence de 37,5 %. Dans le domaine Yakoubi, elle est présente mais avec une faible fréquence (F.O % = 12,5 %). La même chose pour *Arthrobotrys oligospora*, elle est observée dans deux domaines à savoir Mokhtari et Yakoubi avec la même fréquence de 25 % puis le domaine zone 33 avec 37,5 %. Le genre *Myzocytiium* apparaît seulement à Bounaama (F.O % = 50 %) et Mokhtari (F.O % = 37,5 %). *Dactylaria brochopaga* est identifiée à Mokhtari (25 %) et Yakoubi avec la fréquence de 37,5 %. De même *Dactylella ellipsozona* est vue au niveau du domaine Mokhtari (F.O % = 25 %) puis *Harposporium anguillulae* et *Harposporium sp.* à Yakoubi avec la même fréquence de 12,5 % (Fig. 41).

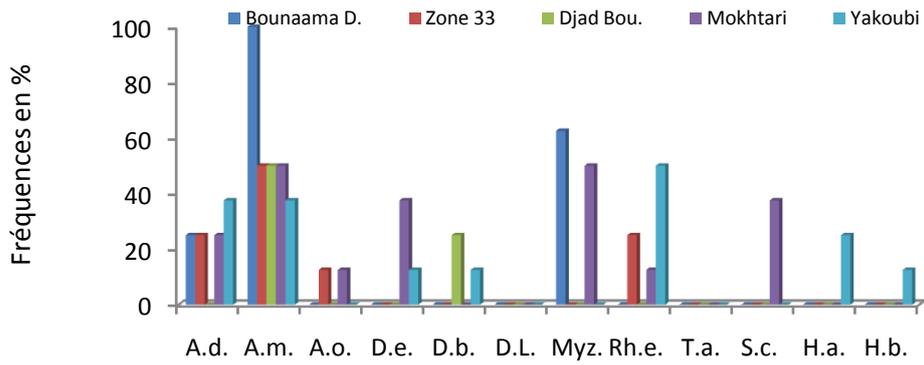


Fig. 39: Fréquences des espèces de champignons dans les sols non traités à 10 cm de profondeur à Staoueli

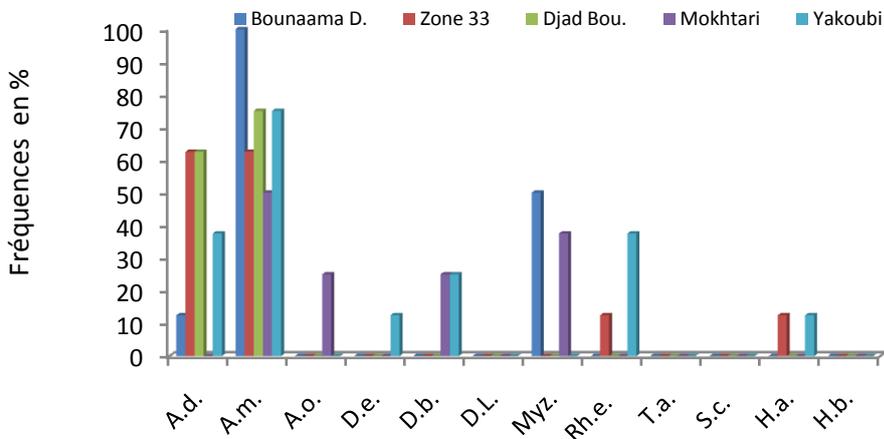


Fig. 40 : Fréquences des espèces de champignons dans les sols non traités à 20 cm de profondeur à Staoueli

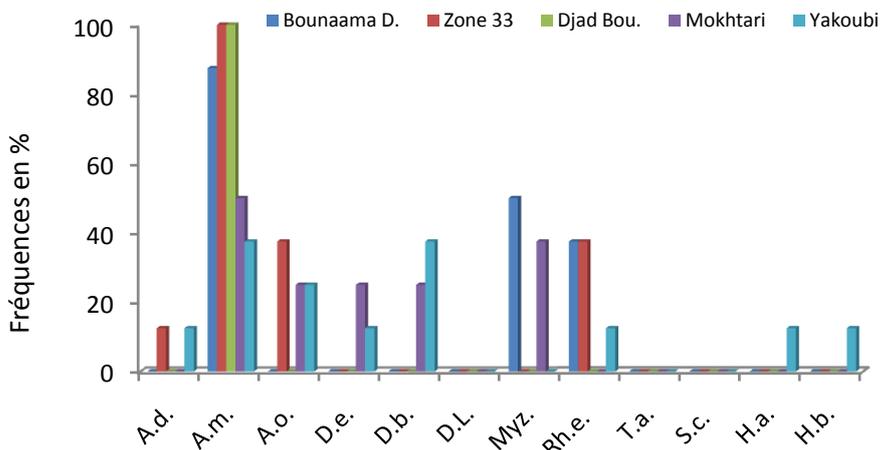


Fig. 41 : Fréquences des espèces de champignons dans les sols non traités à 30 cm de profondeur à Staoueli

Légende : A.d. : *Arthrobotrys dactyloïdes* ; A.m. : *Arthrobotrys musiformis* ; A.o. : *Arthrobotrys oligospora* ; D.e. : *Dactylella ellipospora* ; D.l. : *Dactylella leptospora* ; D.b. : *Dactylaria brochopaga* ; Myz. : *Myzocitium* ; Rh.e. : *Rhopalomyces elegans* ; T.a. : *Triposporina aphanopaga* ; S.c. : *Stylopaga cephalote* ; H.a. : *Harposporium anguillulae* ; H.b. : *Harposporium sp.*

### 2.6.2.1.2. - Sols traités à 10, 20 et 30 cm de profondeur

A Staoueli, *A. musiformis* est omniprésente dans les cinq domaines, Bounaama Djilali (F.O % = 25 %), Domaine zone 33 (F.O % = 25 %), Djad Boualem (F.O % = 100 %), Mokhtari (F.O % = 62,5 %) et Yakoubi (F.O % = 62,5 %). *A. dactyloides* est observée dans les domaines prospectés à l'exception du domaine Djad Boualem. Les fréquences enregistrées sont de 37,5 % (Bounaama Djilali), 12,5 % (zone 33), 62,5 % (Mokhtari) et 50 % (Yakoubi). *Dactylaria brochopaga* n'est présente que dans les domaines Djad Boualem et Yakoubi avec la même fréquence d'occurrence de 25 %. Les deux espèces de *Dactylella* à savoir *D. ellipsospora* et *D. leptospora* sont retrouvées au niveau du domaine Mokhtari avec une fréquence d'occurrence de 12,5 %. *Rhopalomyces elegans* est présente avec une fréquence de 25 % et *Harposporium sp.* (F.O % = 25 %) avec *H. anguillulae* (F.O % = 12,5 %), sont observées uniquement au niveau du domaine Yakoubi (Fig.42). Plusieurs espèces sont observées à 20 cm de profondeur. *A. musiformis* est présente dans les cinq domaines : Bounaama Djilali (F.O % = 75 %), Zone 33 (F.O % = 87,5 %), Jad Boualem (F.O % = 37,5 %), Mokhtari (F.O % = 37,5 %) et yakoubi (F.O % = 75 %). C'est une espèce qui occupe bien le sol dans cette profondeur avec humidité du sol combinée avec la matière organique. Elle s'adapte même aux conditions d'application des molécules nématicides ayant une action insecticide telle que l'Ethoprophos. *A. dactyloides* est observée dans le sol de Bounaama Djilali (12,5 %), de la zone 33 (62,5 %) et de Mokhtari avec une fréquence d'occurrence de 25 %. Elle prend la deuxième position dans cette estimation de la microflore utile. Le genre *Myzocyttium* n'est présent que dans le domaine Bounaama. *Stylopaga cephalote* uniquement dans le domaine agricole Mokhtari (F.O % = 12,5 %). Les autres espèces *Dactylaria brochopaga* (F.O % = 25 %), *Rhopalomyces elegans* (F.O % = 37,5 %) et *Harposporium anguillulae* (F.O % = 25 %) sont observées dans le domaine Yakoubi avec des fréquences variables (Fig. 43). A 30 cm de profondeur, *Arthrobotrys musiformis* est la plus dominante, car elle observée dans les cinq domaines prospectés. Sa fréquence d'occurrence sont de 87,5 % à Bounaama Djilali, de 37,5 % en zone 33, 50 % à Djad Boualem, 62,5 % à Mokhtari et 62,5 % à Yakoubi. Cette espèce a le plus de facultés de se développer à différentes profondeurs. Les conditions édapho-climatiques (types de sol, région, pH. et M.O.) lui offrent une possibilité d'adaptation meilleure en colonisant d'une manière convenable la rhizosphère. A cette même profondeur, le genre *Myzocyttium* est fréquent dans quatre domaines, soit Bounaama (F.O % = 25 %), Djad Boualem (F.O % = 37,5 %), Mokhtari (F.O % = 25%) et le domaine zone 33 (F.O % = 37,5 %). Cette espèce parasite est particulièrement

présente dans la région de Staoueli. Il se pourrait que le facteur édaphique avec une activité plus dense des nématodes soit un des points forts de sa présence dans les domaines étudiés et à cette profondeur. *Arthrobotrys oligospora* vient en troisième position dans cet inventaire des champignons utiles en nématologie. Elle est observée dans les domaines Djad Boualem (F.O % = 37,5 %) et Mokhtari (F.O % = 62,5 %). *Dactylella brochopaga* apparaît au niveau des domaines Djad Boualem (F.O % = 12,5 %) et Yakoubi (F.O % = 25 %). Pour les autres espèces, *A. dactyloïdes* marque sa présence en zone 33 (F.O % = 37,5 %), *Rhopalomyces elegans* au niveau de l'EAC. Djad Boualem (F.O % = 12,5 %), *Stylopaga cephalote* dans le domaine Mokhtari (F.O % = 25 %) et enfin *Dactylella ellipsospora* observée dans le domaine Mokhtari (F.O % = 12,5 %) (Fig. 44).

Cet inventaire exhaustif de la microflore utile, à différentes profondeurs dans des régions traitées avec des molécules nématocides comme 1-3 Dichloropropène, Ethoprophos et Cadusaphos associés aux conditions du sol renseignent sur l'équilibre établi dans le sol suite à des apports importants en matière organique.

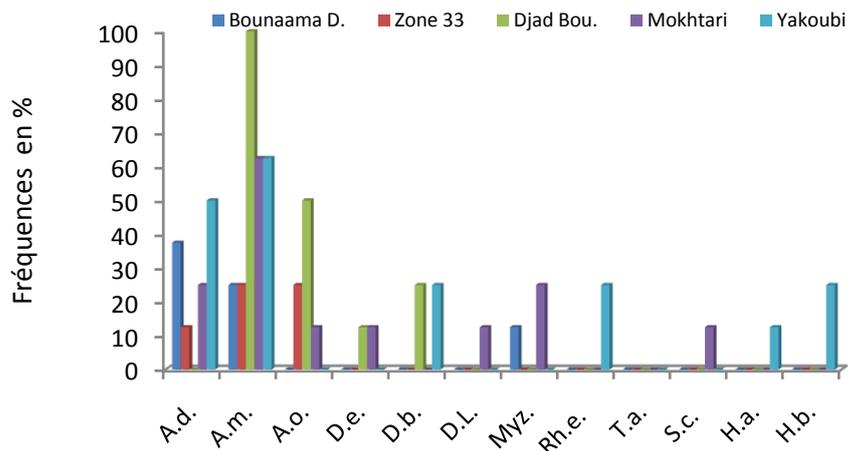


Fig. 42: Fréquences des espèces de champignons dans les sols traités avec le D.D. fumig., l'Ethop. et le Cadusap. à 10 cm de profondeur à Staoueli

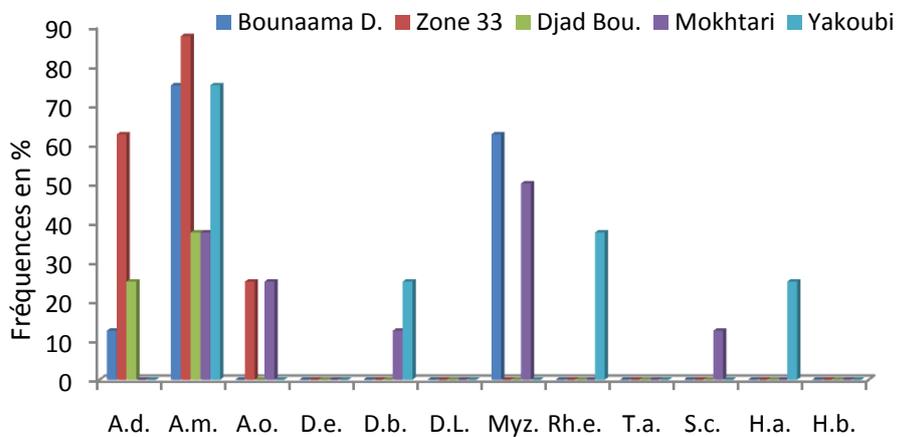


Fig. 42 : Fréquences des espèces de champignons dans les sols traités avec le D.D. fumig., l'Ethop. et le Cadusap. à 20 cm de profondeur à Staoueli

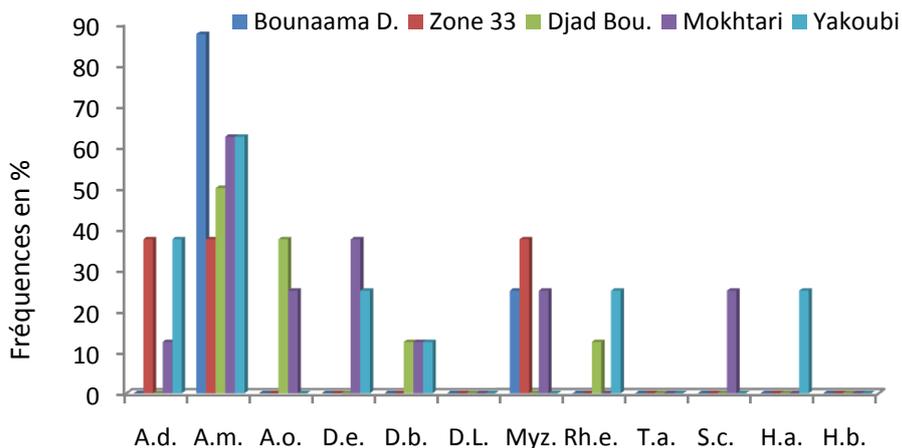


Fig. 44 : Fréquences des espèces de champignons dans les sols traités avec le D.D. fumig., l'Ethop. et le Cadusap. à 30 cm de profondeur à Staoueli

Légende : A.d. : *Arthrobotrys dactyloïdes* ; A.m. : *Arthrobotrys musiformis* ; A.o. : *Arthrobotrys oligospora* ; D.e. : *Dactylella ellipsospora* ; D.l. *Dactylella leptospora* ; D.b. : *Dactylaria brochopaga* ; Myz. : *Myzocitium* ; Rh.e. : *Rhopalomyces elegans* ; T.a. : *Triposporina aphanopaga* ; S.c. : *Stylopaga cephalote* ; H.a. : *Harposporium anguillulae* ; H.b. : *Harposporium sp.*

### 2.6.2.2. - Dans la région de Bordj El Kiffan : Sols non traités (témoins)

Avec le même milieu de culture, composé de gélose faible à 17 g. par litre d'eau distillée, les observations sur les boîtes de Pétri ont montré la présence de la même flore à Bordj El Kiffan qu'à Staouéli située à l'ouest de d'Alger. Durant toute la période d'observation de toutes les formes des champignons utiles, 12 espèces sont inventoriées à Bordj El Kiffan. Aux profondeurs de 10, 20 et 30 cm, les résultats obtenus montrent une répartition hétérogène des ces espèces de champignons.

Sur la première couche de 10 cm, *A. musiformis* se retrouve dans les cinq domaines étudiés, Chamouni, Bouzid Mohamed, Mimouni, Ali Khodja et Abad Hamid. Leurs fréquences d'occurrence sont de l'ordre de 37,5 % à Chamouni et de 87,5 % à Bouzid Mohamed, Mimouni, Ali Khodja et Abad Hamid. Elle est présente également à 20 cm de profondeur au niveau des domaines de Bouzid Mohamed (F.O % = 50 %), de Mimouni (F.O % = 62,5 %), d'Ali Khodja (F.O % = 75 %) et d'Abad Hamid (F.O % = 87,5 %). A 30 cm de profondeur, elle est observée à Bouzid Mohamed (F.O % = 37,5 %), à Mimouni (F.O % = 75 %), à Ali Khodja (F.O % = 100 %) et à Abad Hamid (F.O % = 62,5 %). *A. Dactyloïdes* est observée, à 10 cm de profondeur, dans les domaines Chamouni (F.O % = 25 %), Bouzid Mohamed (F.O % = 25 %) et Ali Khodja (F.O % = 12,5 %). Elle est peu fréquente à 20 cm avec la même fréquence d'occurrence de 12,5 % dans les domaines Mimouni et Ali Khodja. A 30 cm de profondeur, elle est présente avec la même fréquence de 25 % à Chamouni, à Mimouni et à Ali Khodja. *A. oligospora*, à 10 cm de profondeur, est absente à Chamouni mais elle est peu notée dans les autres domaines prospectés comme Bouzid Mohamed (F.O % = 12,5 %), Ali Khodja (F.O % = 12,5 %), Mimouni (F.O % = 37,5 %) et Abad Hamid (F.O % = 37,5 %). A 20 cm, elle est observée dans les domaines Mimouni (F.O % = 37,5 %), Abad Hamid (F.O % = 37,5 %), Bouzid (F.O % = 12,5 %) et Ali Khodja (F.O % = 12,5 %). Sa répartition à 30 cm de profondeur est faible, car elle est présente uniquement à Mimouni avec une faible fréquence de 12,5 %. *Dactylella ellipsoforma* est absente au niveau de la couche superficielle (10 cm), dans les cinq domaines prospectés. Par contre à 20 et à 30 cm de profondeur, elle fait son apparition dans les domaines d'Ali Khodja ((F.O % = 12,5 %) et d'Abad Hamid (F.O % = 25 %). *Dactylaria brochopaga* n'est pas très colonisatrice. Sa présence à 10 cm est signalée dans les domaines Chamouni (F.O % = 12,5 %), Bouzid Mohamed (F.O % = 12,5 %) et Abad hamid (F.O % = 25 %). A 20 cm, elle est observée à Chamouni (F.O % = 50 %) et à Abad hamid (F.O % = 25 %). Sa fréquence à 30 cm est la même qu'à Abad Hamid (F.O % = 25 %). *Dactylella leptospora* est l'une des espèces qui peut être considérée comme rare parmi les

prédateurs et les parasites des nématodes phytoparasites. En effet, elle est signalée dans le domaine Bouzid Hamid dans les trois horizons étudiés à 10 cm ((F.O % = 12,5 %), à 20 cm (F.O % = 25 %) et à 30 cm (F.O % = 12,5 %). Elle apparaît également dans le domaine Chamouni à 30 cm (F.O % = 37,5 %).

Le genre *Myzocytiium* dans la région de Bordj El Kiffan est absent au niveau des trois profondeurs étudiées. Par contre *Rhopalomyces elegans* prend une place non négligeable dans cette microflore inventoriée. Signalée à 10 cm à Chamouni (F.O % = 50 %), à Bouzid Mohamed (F.O % = 25 %) et à Ali Khodja (F.O % = 37,5 %). A 20 cm de profondeur, elle est présente à Bouzid Mohamed ((F.O % = 62,5 %), à Ali Khodja (F.O % = 12,5 %) et à Abad Hamid (F.O % = 37,5 %). L'espèce parasite, *Triposporina aphanopaga* s'avère fréquente dans la gamme des champignons prédateurs et parasites inventoriés. Elle n'est observée qu'au niveau du domaine Chamouni à 20 cm (F.O % = 62,5 %) et à 30 cm (F.O % = 75 %). Elle est suivie de *Stylopaga cephalote* qui est observée à 10 cm de profondeur dans le domaine Chamouni (F.O % = 12,5 %) et de Mimouni (F.O % = 25 %). Elle a une fréquence d'occurrence de 12,5 % au domaine Mimouni à 20 et à 30 cm de profondeur. Quant à *Harposporium anguillulae*, elle est signalée uniquement dans le domaine Bouzid Mohamed à 10 cm (F.O. % = 25 %), à 20 cm (F.O. % = 37,5 %) et à 30 cm (F.O. % = 50 %). Au niveau des trois horizons, dans les cinq domaines prospectés de la région de Bordj El Kiffan, *Harposporium sp.* est quasiment absente (Fig. 45, 46, 47).

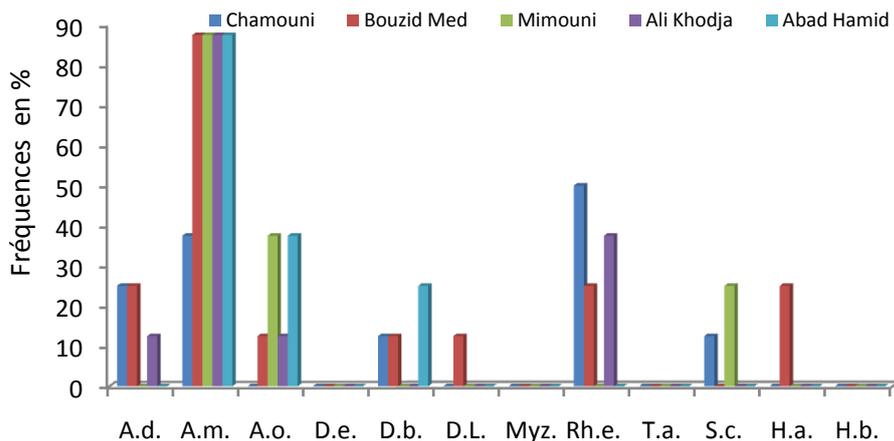


Fig. 45: Fréquences des espèces de champignons dans les sols non traités à 10 cm de profondeur à Bordj El Kiffan.

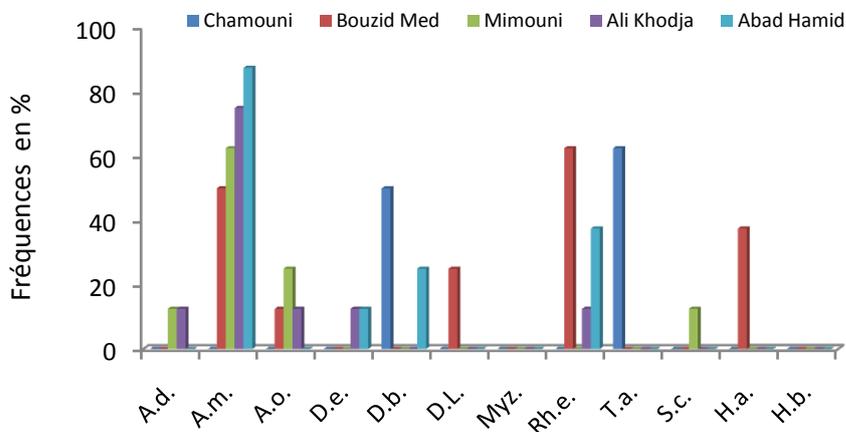


Fig. 46: Fréquences des espèces de champignons dans les sols non traités à 20 cm de profondeur à Bordj El Kiffan.

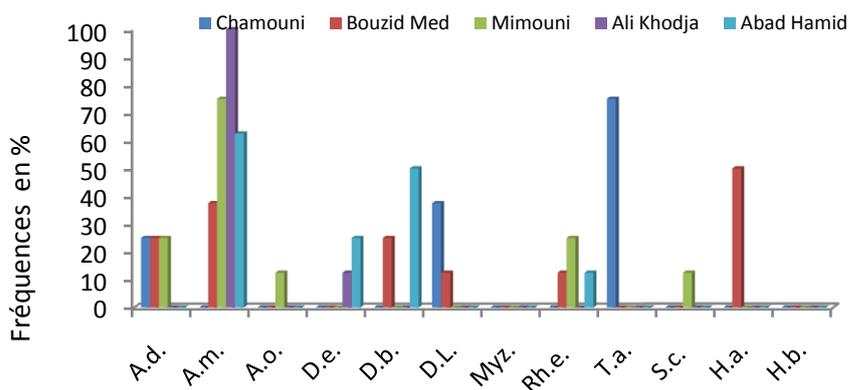


Fig. 47 : Fréquence des espèces de champignons dans les sols non traités à 30 cm de profondeur à Bordj El Kiffan.

Légende : A.d. : *Arthrobotrys dactyloïdes* ; A.m. : *Arthrobotrys musiformis* ; A.o. : *Arthrobotrys oligospora* ; D.e. : *Dactylella ellipsospora* ; D.l. : *Dactylella leptospora* ; D.b. : *Dactylaria brochopaga* ; Myz. : *Myzocitium* ; Rh.e. : *Rhopalomyces elegans* ; T.a. : *Triposporina aphanopaga* ; S.c. : *Stylopaga cephalote* ; H.a. : *Harposporium anguillulae* ; H.b. : *Harposporium sp.*

### 2.6.2.3. – Dans la région de Bordj El Kiffan : Sols traités

L'inventaire de cette mycoflore présente dans le sol fait ressortir les mêmes espèces observées d'une part dans les sols traités de Bordj El Kiffan et d'autre part dans les domaines de Staoueli. L'enquête menée à Bordj El Kiffan dans les domaines spécialisés en productions maraîchères traités avec des produits de désinfection du sol comme l'Ethoprophos, le Cadusaphos et le 1-3 Dichloropropène donne une hétérogénéité dans leur répartition spatiale. En effet, *Arthrobotrys dactyloides* est représentée à 10 cm, à 20 et à 30 cm de profondeur avec une fréquence d'occurrence de 37,5 % à Chamouni. Cette espèce est absente par contre dans le domaine Bouzid Mohamed; elle est à 12,5 % dans le domaine Mimouni et avec la même fréquence d'occurrence à Ali Khodja. Elle est de 25 % à Abad Hamid. Cette espèce, *A. dactyloides* au niveau de la deuxième couche de la rhizosphère (20 cm) est notée dans le domaine Chamouni avec une fréquence de 25 %; elle est absente à Bouzid Mohamed, à Ali Khodja et à Abad Hamid; mais elle est apparaît à Mimouni (F.O.= 25 %). A 30 cm de profondeur, elle est fréquente à Chamouni (F.O.= 37,5 %), à Bouzid Mohamed (F.O.= 12,5 %) et à Mimouni (F.O.= 25 %). Elle est par contre absente à Abad Hamid. La deuxième espèce inventoriée, *Arthrobotrys musiformis* n'est pas décelée à Chamouni dans la couche de 10 cm; elle est présente à Mimouni (F.O. % = 87,5), à Ali Khodja (F.O.% = 50 %) et à Abad Hamid (F.O. % = 100 %). Elle domine à 20 cm avec des fréquences d'occurrence de 50 % à Chamouni, de 37,5 % à Bouzid Mohamed, de 75 % à Mimouni, de 50 % à Ali Khodja et de 100 % à Abad Hamid. Elle est présente dans les cinq domaines prospectés à 30 cm de profondeur. En effet, elle est observée dans le domaine Chamouni avec une fréquence d'occurrence moindre (F.O.% = 12,5 %). Elle est observée à Bouzid Mohamed (F.O. % = 50 %), à Mimouni avec une fréquence d'occurrence égale à 37,5 %, à Ali Khodja avec 100 % et à Abad Hamid avec 62,5 %. L'espèce *Arthrobotrys oligospora* occupe la profondeur de 10 cm de profondeur dans les domaines Bouzid Mohamed (25 %), Mimouni (37,5), Ali Khodja (25 %) et Abad Hamid (37,5 %) sauf le domaine Chamouni où elle est inexistante. A 20 cm de profondeur, elle n'est observée qu'au niveau du domaine Mimouni avec une fréquence d'occurrence de 50 % et à Ali Khodja avec la même fréquence d'occurrence de 50 %. Une faible fréquence d'occurrence est mentionnée dans deux domaines seulement soit Bouzid Mohamed (F.O. % = 12,5 %) et à Mimouni avec (F.O. % = 25 %). La quatrième espèce inventoriée ; *Dactylella ellipsospora* est observée au niveau de l'horizon de 20 et 30 cm de profondeur. Elle est présente à Chamouni avec une fréquence d'occurrence de 25 %, à Ali Khodja avec 25 % et à Abad hamid avec 37,5 %. Cette espèce est présente à 30

cm de profondeur dans le domaine Ali Khodja avec une fréquence d'occurrence de 25 % et à Abad Hamid avec 12,5 %. *Dactylaria brochopaga* est faiblement répartie dans les différentes couches étudiées. Elle est observée dans trois domaines à 10 cm dans la rhizosphère, soit à Chamouni (F.O. % = 12,5 %), à Bouzid Mohamed (F.O. % = 12,5 %) et à Abad Hamid (F.O. % = 25 %). A 20 cm de profondeur, elle n'est recensée qu'à Abad Hamid (F.O. % = 12,5 %). Dans la couche la plus profonde, celle de 30 cm, elle est signalée à Chamouni (F.O. % = 37,5 %) et à Bouzid Mohamed (F.O. % = 12,5 %). A Abad Hamid, elle est présente avec 25 % de fréquence d'occurrence. Il faut noter que les espèces inventoriées suivantes sont peu notées par rapport à celles déjà citées. Le cas de *Dactylella leptospora* en est un exemple, car elle n'est citée que dans le domaine de Bouzid Mohamed (F.O. % = 12,5 %) à 10 cm de profondeur. Elle est signalée dans le même domaine à 20 et à 30 cm de profondeur (F.O.=37,5 %). Le genre *Myzocytiium* est absente de la liste des espèces inventoriées dans tous les domaines prospectés et à tous les niveaux (région de Bordj El Kiffan). Sur la couche de 10 cm, *Rhopalomyces elegans* marque sa présence dans le domaine Chamouni (F.O.= 12,5 %) et le domaine Ali Khodja (F.O.= 50 %). A 20 cm, elle est beaucoup plus fréquente. Elle est observée dans les domaines Bouzid Mohamed et Ali Khodja avec la même fréquence (F.O.= 25 %) et dans le domaine Abad Hamid (F.O. % = 37,5 %). Dans la troisième couche à 30 cm, *R. elegans* est présente dans deux domaine uniquement à savoir le domaine Mimouni (F.O.= 25 %) et le domaine Abad Hamid (F.O.= 50 %). L'espèce *Triposporina aphanopaga* fait exception dans cet inventaire pour la région de Bordj El Kiffan et plus spécialement dans les sols traités avec l'Ethoprophos, le Cadusaphos et le 1-3 dichloropropène. Elle n'est signalée qu'à 10 cm dans le domaine Chamouni (F.O. % = 37,5 %). L'espèce parasite, *Stylopaga cephalote* est vue à 10 et à 20 cm dans le domaine Mimouni (F.O.= 25 %). A 30 cm, elle apparait dans les domaines Chamouni (F.O.= 25 %) et Mimouni (F.O.= 12,5 %) (Fig. 48, 49 et 50).

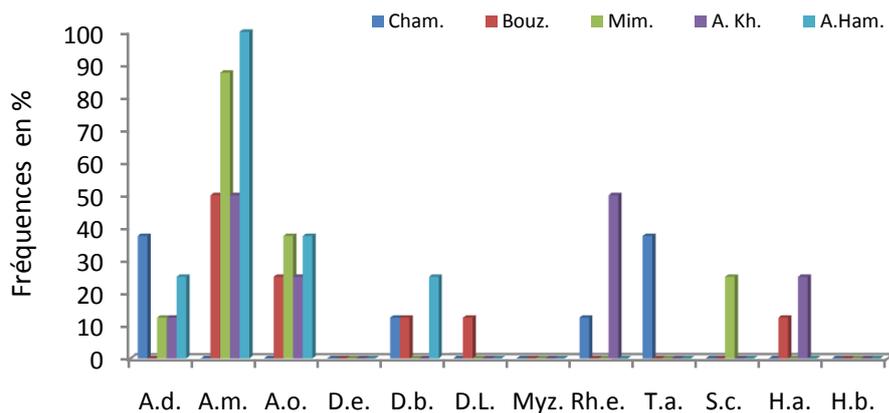


Fig. 48: Fréquences des espèces de champignons dans les sols traités avec

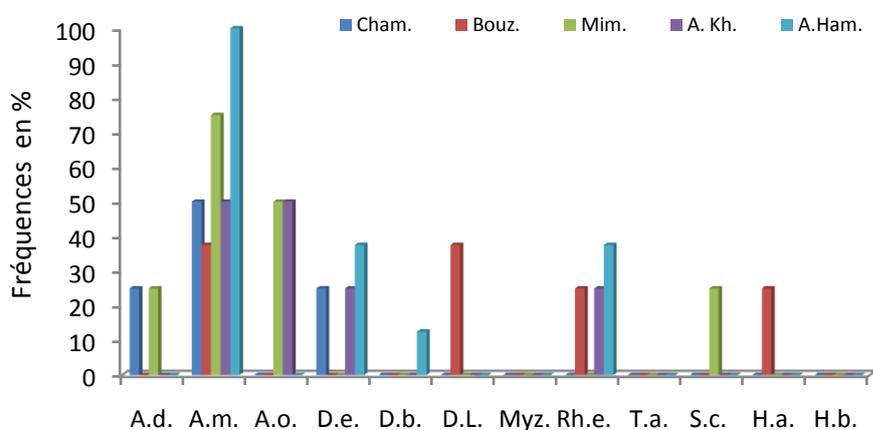


Fig. 49 : Fréquences des espèces de champignons dans les sols traités avec le D.D. fumig, l'Ethop. et le Cadusap. à 20 cm de profondeur à Bordj El Kiffan.

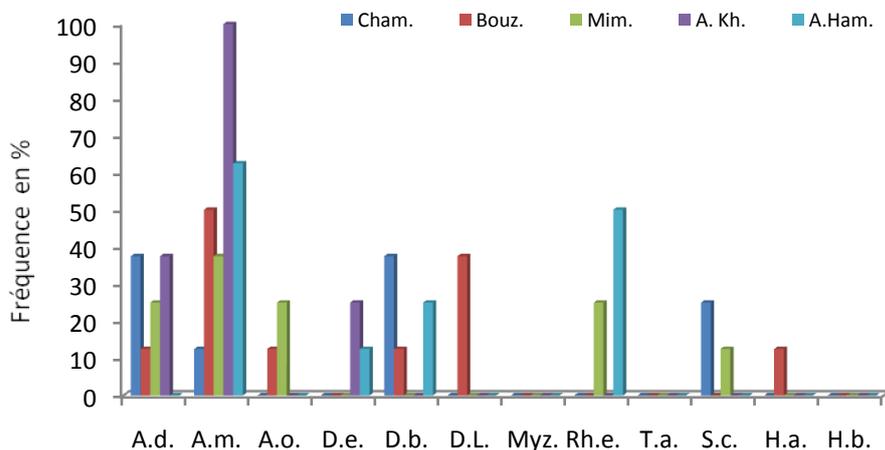


Fig. 50 - Fréquences des espèces de champignons dans les sols traités avec le D.D. fumig, l'Ethop. et le Cadusap. à 30 cm de profondeur à Bordj El Kiffan.

Légende : A.d. : *Arthrobotrys dactyloïdes* ; A.m. : *Arthrobotrys musiformis* ; A.o. : *Arthrobotrys oligospora* ; D.e. : *Dactylella ellipsospora* ; D.l. : *Dactylella leptospora* ; D.b. : *Dactylaria brochopaga* ; Myz : *Myzocitium* ; Rh.e. : *Rhopalomyces elegans* ; T.a. : *Triposporina aphanopaga* ; S.c. : *Stylopaga cephalote* ; H.a. : *Harposporium anguillulae* ; H.b. : *Harposporium sp.*

## **2.7. - Méthodes de lutte contre les *Meloidogyne***

La lutte contre les nématodes phytoparasites en général et les nématodes à galles en particulier restent toujours une préoccupation majeure pour tous les maraîchers. Ces parasites à cause des dégâts se présentant sous forme de galles appelées communément patates, visibles à l'œil nu au niveau des racines, obligent les cultivateurs à prendre des mesures de protection parfois sévères, polluantes et onéreuses. Les essais sur le terrain sur des microparcelles dans deux serres fortement infestées par les *Meloidogyne* sont réalisés à l'Institut technique des cultures maraîchères et industrielles. Les résultats obtenus sont traités avec une analyse de la variance suivie d'une comparaison des moyennes. Les principaux paramètres d'analyse retenus afin d'apprécier l'efficacité des différents traitements pour une lutte contre les *Meloidogyne* sont liés à l'évolution de la culture avec l'indice de vigueur moyen en fin de saison, à la nématofaune avec l'indice de galles moyen et à l'évolution de la population des *Meloidogyne* dans les racines.

### **2.7.1. - Indice de vigueur**

Pour ce qui concerne les paramètres liés à la plante, les prélèvements durant toute la période d'expérimentation ont permis de faire des comparaisons significatives entre les différents traitements. En effet, si nous retenons les résultats obtenus pour le premier paramètre qui est l'indice de vigueur (I.V.), les différences de vigueur observées sur les plants en essai, avec un inoculum potentiel dans le sol exprimé sur les blocs témoins (I.V. moy. inférieur à 2) permet d'apprécier l'efficacité des différents traitements utilisés. La diminution de la vigueur s'observe en fonction de l'inoculum présent dans le sol et dans le temps. Elle est observée d'une manière échelonnée du premier jusqu'au dernier mois de la culture. Il apparaît que cet indice est en nette diminution dans les parcelles traitées avec le Mocap ou la moyenne est de 1 suivi des blocs portant la variété résistante ainsi que les blocs témoins (I.V.= 1,4) puis les blocs traités avec le D.D. fumigant et la tagette (I.V.= 1,6). La solarisation est le traitement qui a donné le meilleur résultat concernant la vigueur des plants où l'I.V. moyen enregistré en fin de culture est de 2,3. Il faut noter que le paillage plastique a beaucoup d'avantages par rapport au sol nu, car il permet une bonne humidification du milieu et une meilleure protection contre les mauvaises herbes, ce qui a contribué à l'obtention certainement d'une vigueur des plants assez appréciable. La comparaison entre les différents traitements a révélé une différence significative entre les blocs traités avec l'Ethoprophos et

les blocs témoins par rapport aux blocs recouverts de film plastique (solarisation), aux blocs traités au D.D. fumigant et aux blocs traités avec la tagette (Fig. 51).

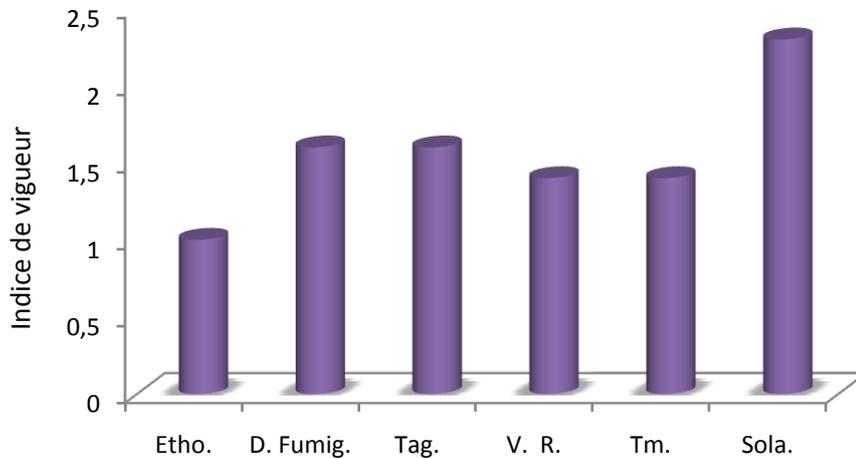


Fig. 51: Evaluation de l'indice de vigueur (I.V.M.) en fin de culture en fonction des différents traitements

### 2.7.3. – Indice de galles moyen

Les analyses statistiques liées à la nématofaune parasite des racines des plants de tomate montrent que la variété dona, la tagette ou plante nématicide (œillet d'inde) avec le D.D. fumigant ont un effet sur l'expression de l'indice de galles moyen qui est hautement significatif en comparaison avec les autres traitements comme la variété fandango, l'emploi du nématicide Mocap et la solarisation. Il est à noter que les blocs témoins montrent également une faible variabilité aussi bien en cours de la culture qu'en fin de celle-ci. L'indice de galles obtenu pour les différents traitements a montré une corrélation avec la population de *Meloidogyne*. Les indices de galles enregistrés sur les différents traitements se traduisent par les valeurs suivantes, soit 2,86 pour le Mocap, 3,7 pour la solarisation, suivie par celles des blocs témoins avec 3,52, par les blocs traités avec de la tagette enfouie avant la mise en place de la culture (0,74), par le D.D fumigant (0,63) et la variété résistante qui donne le meilleur indice qui de 0,03. Les comparaisons entre les différents blocs, au niveau des deux serres réservées à cette expérimentation, mettent en évidence des différences hautement significatives entre les blocs réservés à la variété résistante (dona), au traitement nématicide (D.D. fumigant) et les blocs de la tagette comparés à ceux traités avec le Mocap, par la solarisation et les témoins.

Nous constatons que la solarisation seule n'a pas permis d'atteindre des températures dans le sol pouvant être létales pour les juvéniles de *Meloidogyne*. Cette méthode ne peut donner des

résultats significatifs que si elle est associée à un nématicide de bonne qualité. Cela veut dire que les températures obtenues par solarisation peuvent déclencher une éclosion massive du potentiel des œufs de *Meloidogyne* présent dans le sol et le nématicide additionné peut dans ce cas éliminer le maximum de juvéniles infestantes réduisant ainsi les risques d'attaques sévères sur les cultures (Fig. 52).

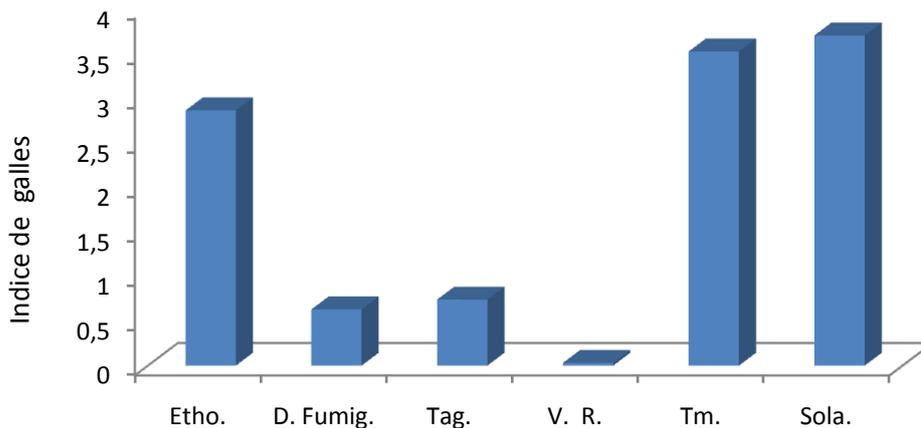


Fig. 52 : Indice de galles moyen (I.G.M.) en fin de culture en fonction des différents traitements

### 2.7.2. - Effet des différents traitements sur l'évolution de la nématofaune

Les traitements désignés par variété résistante (dona), par emploi de la tagette et du fumigant ont permis une diminution considérable de la population par plant ainsi que la population par 5 grammes de racine. La population composée d'œufs, de larves juvéniles, de stades gonflés, de femelles et de mâles, la plus élevée dans ce cas est celle des blocs témoins avec 3.697,2 individus puis la solarisation avec 3.541,8 puis le Mocap (1.825,9) suivi des blocs traités avec le D.D. fumigant (1.216) puis la variété résistante (660) et enfin la tagette avec 525,2 individus (Fig. 53).

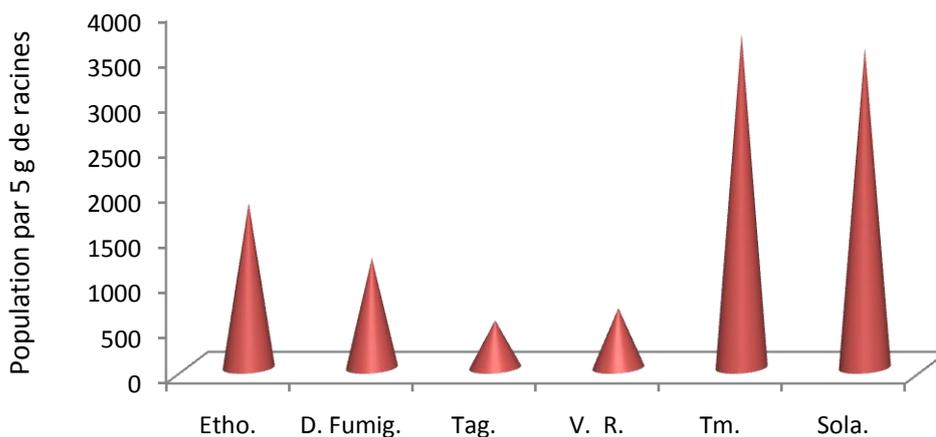


Fig. 53: Effet des différents traitements sur la population des *Meloidogyne*

Les analyses statistiques ont montré des différences hautement significatives entre les blocs témoins, la solarisation et le Mocap par rapport aux blocs tagette, variété résistante et aux blocs D.D. fumigant. Ces résultats permettent de mieux apprécier l'utilisation des plantes nématicides ainsi que la résistance variétale dans le principe de lutte contre les nématodes surtout sous-serres. Les méthodes de lutte basée sur les nématicides et la solarisation sont souvent onéreuses et polluantes. La bonne gestion des problèmes nématologiques s'impose même avec les méthodes efficaces, car chaque méthode repose sur des aspects scientifiques spécifiques. Il faut ajouter à cela le facteur région caractérisée par ses procédés de production. Un pourcentage d'infestation faible est observé sur les racines, enregistré suite aux traitements variété résistante et fumigant. C'est ce qui prouve que les deux derniers peuvent être considérés comme les meilleurs moyens pour contrôler les nématodes endoparasites sédentaires même sur des parcelles fortement infestées. Le Mocap, par contre et la solarisation sont proches des résultats obtenus au niveau des blocs témoins non traités, ce qui signifie que ces derniers ne peuvent réellement arrêter l'évolution de la population des *Meloidogyne* présente dans le sol en cas de fortes attaques surtout sous-serres où les conditions du microclimat peuvent s'étaler même en hiver.

## Chapitre III – Discussions sur les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* dans les régions de Bordj El Kiffan, de Staouéli et de Tipasa

### 3.1. - Espèces inventoriées dans les stations d'étude

Au cours de la présente étude, il est observé aussi bien dans les cultures maraîchères de Bordj El Kiffan que dans celles de Staouéli et de Tipasa, la présence simultanée de plusieurs espèces de *Meloidogyne*. Cette remarque confirme les observations à ce sujet de nombreux auteurs. En effet toute la littérature spécialisée mentionne l'importance des associations des espèces de *Meloidogyne*, en particulier *M. incognita*, *M. arenaria* et *M. javanica*. L'hétérogénéité des proportions des populations dépend du milieu, de la localité, du modèle de culture en sous-serres ou en plein champ et de la période. *M. javanica* peut être absente du groupe. Mais sa répartition coïncide avec les zones chaudes dépassant parfois 33 °C. (MADULU et TURGILL, 1994). Les *Meloidogyne* sont présents sur tout le continent africain et les autres continents. Ce genre est observé sur des types de sol très différents et dans des zones climatiques variées (NETSCHER, 1967). QUENHERVE *et al.*, (1997) mentionnent qu'au cours d'une enquête effectuée en Martinique en 1992 sur 498 échantillons de sol et de racines de huit plantes ornementales, les peuplements de nématodes diffèrent. Ils soulignent l'infestation importante de l'espèce *Rotylenchulus reniformis* et précisent la présence de quelques espèces rares appartenant aux Criconematidae, Longidoridae, Trichodoridae et Tylenchulidae originaires du milieu naturel et la dominance de *Meloidogyne sp. M. incognita* supporte les températures inférieures à 30 °C. RITTER (1972), EISENBACK (1982) et VANGUNDY (1985) rapportent que le développement de ces espèces est favorisé surtout par les conditions climatiques offertes par les serres où la température et l'humidité sont élevées. Ces même auteurs rappellent que *M. javanica* est thermophile comparée à *M. incognita*. En Algérie, les travaux réalisés dans les régions de Bordj El Kiffan, de Staouéli et de Tipasa ont permis d'identifier les trois espèces déjà citées (MOUALEK, 1996; MARNICHE, 1996; NEDJAI, 1997). Les résultats obtenus dans le présent travail confirment ceux de MOUALEK (1996), de MARNICHE (1996) et de NEDJAI (1997), du moins pour ce qui est de la forte présence des deux premières espèces en plein champ et sous-serre. Quant à la troisième *M. javanica* elle n'est présente qu'en faible effectifs. Par contre LOUNICI (1988) a signalé *Meloidogyne javanica* plus au sud près de Biskra et d'Adrar sous climat saharien et *M. incognita* dans des échantillons pris dans les régions de Tipasa et de Boumerdes en étage bioclimatique subhumide. La faible présence de *M. javanica* dans la région d'étude est due essentiellement aux conditions climatiques non favorables. Par contre, *M. incognita* et *M.*

*arenaria* supportent des températures inférieures à 30 °C. Cinq espèces de *Meloidogyne* se multiplient sur les *Prunus*, notamment *M. arenaria* signalée dans le Nord de l'Espagne, de l'Italie et de la Yougoslavie. *M. incognita* est la plus commune en Afrique du Nord où elle est souvent associée à *M. javanica* dans les zones les plus chaudes. *M. hispanica* est découverte dans le Sud de l'Espagne sur le pêcher et *M. hapla* dans une aire géographique plus nordique (SCOTTO LA MASSESE, 1989). Les *Meloidogyne* favorisent la pénétration d'*Agrobacterium tumefaciens* dans les racines de nombreuses plantes pérennes (AUBERT *et al.*, 1983). Les enquêtes faites sur le terrain par MOKABLI (1988), SMAHA, (1990) et NADJI, (1991) donnent des informations sur les relations liées à la présence de telle ou telle espèce, que les rotations pratiquées faisant alterner les Solanacées, les Cucurbitacées et les Fabaceae, ainsi que les traitements chimiques peuvent influencer indirectement la répartition des espèces. Les présents résultats portant sur les rotations d'une part et sur l'emploi de nématicides sont en accord avec les enquêtes faites par les auteurs précédemment cités.

### **3.2. - Quelques éléments de la biologie des *Meloidogyne***

#### **3.2.1. - Fécondité des *Meloidogyne* dans les régions prospectées**

Le nombre d'œufs émis par femelle dépend de la plante-hôte elle-même, des conditions climatiques et des conditions de cultures, soit sous-serres ou en plein champ et soit de saison ou d'arrière saison. Ces pontes sont liés également à la taille des femelles de *Meloidogyne*. DJIAN-CAPORALINO *et al.* (2009) estiment qu'en 3 à 8 semaines et selon la température, les larves deviennent femelles et pondent à l'extérieur de la racine de 300 à 3.000 œufs protégés dans une gangue mucilagineuse. De GUIRAN (1983) précise que l'infestation peut atteindre le niveau de 200 000 larves par kg de sol s'étalant sur des profondeurs pouvant être supérieures à 30 cm. BERTRAND (2001) souligne que la femelle de *Meloidogyne* pond une masse de 300 œufs environ dans une sorte de sac de la taille d'une tête d'épingle à la surface de la racine. Les présents résultats font apparaître neuf classes de pontes des femelles recueillies dans les échantillons provenant de Staoueli et de Bordj El Kiffan. Le maximum d'œufs est enregistré au niveau de la 4<sup>ème</sup> classe correspondant à 300-400 œufs par femelle avec un taux de 34 %. Le niveau de ponte de 200 à 300 œufs par femelle arrive en deuxième position avec un taux de 30 %. Plusieurs facteurs peuvent avoir un effet sur les niveaux de ponte des femelles. Ce sont le type de plante cultivée, la nature du sol, la période et les conditions de conduite.

### **3.2.2. - Eclosion des œufs de *Meloidogyne***

La plante-hôte et les conditions climatiques peuvent influencer l'éclosion des œufs de *Meloidogyne*. En conditions de laboratoire, les masses mises en éclosion sont placées dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau à une température de  $25 \pm 1$  °C.

Ces conditions d'expérimentation sont différentes de celles des conditions du milieu naturel le fait qu'elles soient dans l'eau uniquement. Certes la température est optimale mais le complexe existant dans le sol est absent (pH., matière organique, exsudats racinaires, microflore, microfaune et éléments nutritifs). L'éclosion peut être échelonnée dans le temps. Ainsi les présents résultats montrent que le maximum des éclosions se situe dans les 7 premières classes selon l'analyse statistique. Les conditions d'éclosion du laboratoire sont également différentes de celles du sol. Le sol semble offrir de meilleures conditions avec la présence de la plante-hôte et d'un microclimat adéquat. En effet, les exsudats racinaires et les conditions de culture peuvent favoriser ou retarder l'éclosion et l'activité des juvéniles. Ainsi, *Meloidogyne triticoryzae* donne trois types d'œufs, ceux qui éclosent d'eux-mêmes, ceux qui requièrent le stimulus racinaire (exsudats racinaires) et ceux qui n'éclosent pas même en présence de stimulus. L'éclosion peut être modifiée par les conditions de croissance de l'hôte. La submersion également peut retarder l'éclosion (HARI *et al.*, 2000). AWAD et HUYAR (2003) précisent que l'addition de la Doubaline, de la sauge trilobée et de l'arachide provoque l'éclosion des œufs de nématodes.

### **3.2.3. - Aspects bioécologiques des *Meloidogyne* : Effet des différents types de sols étudiés sur les populations des *Meloidogyne***

Sous-serre expérimentale à l'Institut national de la protection des végétaux d'El Harrach, pour mettre en évidence l'effet type de sol sur le comportement des nématodes à galles, il est utilisé une variété de melon cantaloup (charantais) inoculée à l'aide de 650 J2 par pot. Chaque récipient est rempli avec un mélange stérilisé de sable, d'argile et de limon. De ce fait, un sol riche en éléments nutritifs est obtenu mais sans le complexe que peut avoir un sol naturel. Ce test est réalisé pour mettre en évidence les possibilités de développement et de migration des juvéniles de *Meloidogyne* dans ces types de sol. Le sol est la zone biologiquement active où l'air, l'eau, la lumière et la croûte terrestre interagissent. Les nématodes qu'ils soient nématophages, mycophages, entomopathogènes, bactériophages et phytophages représentent une partie non négligeable de cette faune qui passe inaperçue du moment que leur évolution se fait dans le sol.

Dans la présente expérimentation portant sur l'évolution des populations de *Meloidogyne* sp., d'une manière générale, l'analyse statistique a pu différencier deux groupes de sols :

- \* Groupe A ----->           1-- -- > Sol sableux  
  1---- > Sol argilo-limoneux
- \* Groupe B ----->           2---- > Sol limono-sableux

Le mélange des proportions de sable, d'argile et de limon stérilisées pour mener une expérimentation en pots donne des sols issus d'une pratique culturale pouvant favoriser la multiplication des *Meloidogyne*. CHAUSSOD *et al.* (2007) mentionnent que le sol est un milieu complexe dont les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques dépendent de plusieurs facteurs tels que le type pédologique, le système de culture et les pratiques culturales qui agissent en interaction. JANVIER (2007) donne la définition d'un sol comme étant une ressource vivante, finie et dynamique. Cet auteur explique que la santé d'un sol résulte d'un ensemble d'interactions multiples entre les composantes physico-chimiques et biologiques, notamment les communautés microbiennes, primordiales pour le fonctionnement d'un sol. Dans la présente étude, bien que les sols sableux et argileux soient complètement différents du point de vue granulométrique, la multiplication des populations de *Meloidogyne* y est pratiquement la même. Le groupe A est défini statistiquement, contraire au sol limono-sableux qui est classé dans le groupe B. CADET (1998) explique que la relation «nématode-type de sol » nommée relation mésologique, est connue depuis longtemps et de nombreux auteurs ont observé que la répartition des nématodes phytoparasites est en relation avec le sol. Il ajoute que pour une même plante, les communautés de nématodes présentes dans les sols sableux sont souvent différentes de celles que l'opérateur retrouve dans les sols argileux. BERTRAND (2001) rapporte que les nématodes à galles préfèrent les sols légers aux sols lourds. Le sol argileux est très riche en argile (42,7 %) mais faible en éléments grossiers (12,5 %), contrairement au sol sableux qui est très riche en sable avec 74,1 % et très faible en argile (0,5 %) (Tab. 1). Les sols à texture argileuse et limoneuse ayant une microporosité et une macroporosité faible avec toutes les composantes de facteurs abiotiques (M.O., pH.) peuvent être responsables de la répartition des espèces de nématodes à galles. Le taux élevé en argile du sol argilo-limoneux lui confère la particularité d'être asphyxiant, ce qui est dû à la diminution de la macroporosité. Cependant, il est très riche en éléments nutritifs car il a un grand pouvoir fixateur. De GUIRAN et DEMEURE (1978) ont montré que les conditions asphyxiantes dans un sol argileux avec un point de flétrissement de 2,7 retardent l'éclosion des œufs de

*Meloidogyne incognita*. Pour déterminer la distribution et la densité de la population de nématodes phytoparasites associés au haricot dans des régions au Kenya, KIMENJU *et al.* (1999) confirment que l'infection de *Meloidogyne* a causé une réduction significative des nodosités de cette fabacée et que l'ensemble des processus de dénitrification et de nodulation ont été défavorablement affectés en particulier dans les plantes où les nématodes ont précédé l'inoculation du rhizobium. L'accroissement du nombre d'œufs et de juvéniles dans les trois types de sols, sableux, limono-sableux et argilo-limoneux dans les racines et dans le sol, renseigne sur les possibilités de reproduction d'un inoculum de base de 650 juvéniles par plant. Cet inoculum diffère selon les expérimentations; il est calculé sur une base où l'expression d'une réaction de la plante est symptomatique c'est-à-dire formation de galles sur le système racinaire. VOLVAS *et al.* (2008) ont essayé d'expliquer la relation entre la densité initiale de la population de nématodes ( $P_i$ ) et la croissance des plantes de céleri avec des essais sous-serre et avec des niveaux d'inoculum qui variaient de 0 à 512 entre les œufs et les juvéniles de deuxième stade (J2) par ml de sol. Ils précisent que la limite de tolérance à l'égard de la hauteur du plant et le poids frais de la partie aérienne à *M. incognita* est estimé à 0.15 œuf et J2 par ml de sol et que le taux maximum de reproduction des nématodes est de 407,6 avec une densité de population initiale de 4 œufs et J2 par ml de sol. CASTILLO *et al.* (2003) ont également constaté que l'inoculation de *Meloidogyne artiellia* à raison de 20 œufs et J2 par gramme de sol sur des lignées et des cultivars de pois chiche peut accentuer la sévérité de l'infection par la fusariose. Les génotypes totalement résistants à cette dernière peuvent perdre cette faculté suite à l'infection par le nématode en question. Ils ont noté, sur la base de leurs essais, que la reproduction de la population syrienne et en l'absence de *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* race 5 est significativement plus élevée que celle de la population d'Italie. Sous-serre expérimentale à l'Institut national de la protection des végétaux d'El Harrach, bien que la nature de ces deux sols diffère complètement, il est possible de conclure que les populations de *Meloidogyne* s'y adaptent suivant les possibilités offertes par chacun des deux sols. Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* trouvent dans le sol limono-sableux pratiquement toutes les conditions favorisant leur développement. Les pourcentages granulométriques de ce sol le rendent plus équilibré que les sols sableux et argilo-limoneux. Il possède un bon pourcentage de la fraction sableuse (45,2 %) ce qui traduit une bonne aération et une macroporosité suffisante pour une migration et un déplacement normal des larves infestantes. PROT (1979) estime que dans les sols bien fournis en sels minéraux, un gradient de concentration en sels, créé par dilution de la solution le long d'un gradient d'humidité, pourrait induire une migration des juvéniles vers la région ayant la plus faible concentration en sels,

région qui est également la plus humide. Dans un article CHABRIER *et al.* (2009) rapportent que la migration de *Radopholus similis* est liée à la précipitation. En effet, le ruissellement de l'eau est susceptible de diffuser *R. similis* sur de longues distances et moins lorsque l'humidité du sol est proche de la capacité au champ. Pour ce qui concerne son pouvoir fixateur vis-à-vis des éléments nutritifs, le sol limono-sableux considéré comme sol intermédiaire est plus important que le sol sableux mais moins que le sol argilo-limoneux, cependant il retient suffisamment d'eau et d'éléments nutritifs pour assurer une bonne alimentation du système racinaire de la plante hôte et d'une façon indirecte le développement des trois espèces de *Meloidogyne* déjà citées. La matière organique semble avoir, également, un effet positif sur l'activité des nématodes par un complexe argilo-humique équilibré favorable à toute activité de micro-organismes (Tab.1). ARVIEU et CUANY (1983) rapportent que la matière organique des sols et des substrats de culture donne lieu à des interactions physico-chimiques avec le bromure de méthyle, qui déterminent les propriétés et le devenir du pesticide. La matière organique réduit par adsorption la concentration en pesticide bio-disponible dans l'eau ou l'air du sol, c'est-à-dire la biodégradation de ce dernier. Par contre CASTAGNONE *et al.* (1988) ont pu démontrer que la matière organique peut provoquer une baisse du potentiel reproducteur des femelles de *Meloidogyne incognita* sur tomate. ANNABI *et al.* (2009) rapportent, en ce qui concerne les propriétés physiques, que la matière organique (M.O.) peut améliorer la capacité de rétention en eau des sols et contribuer à l'amélioration de la stabilité structurale des sols. Cependant l'intensification des cultures peut diminuer les teneurs en M.O. des sols leur conférant une moindre fertilité et une sensibilité à la dégradation. Cette dernière est en relation avec la pluviométrie et les températures.

Pour ce qui concerne le pH, FERRIS et VAN GUNDY (1979) montrent que les sols neutres ou à peine acides favorisent l'éclosion des œufs des nématodes à galles, mais au dessous de 5,2 cette dernière est inhibée. Selon nos résultats, le pH semble avoir un effet remarquable sur le développement des nématodes à galles dans les sols étudiés le fait d'avoir des pH basiques ou neutres dans les trois types de sol (S., AL., LS.). Ces résultats confirment ceux de REDDY (1983) qui cite que l'infestation des *Meloidogyne* est moins sévère en sol acide qu'en sol neutre ou alcalin. WALLACE (1968) rappelle que les nématodes à galles survivent, éclosent et se reproduisent à des pH variables entre 4 et 8. L'évolution des populations de *Meloidogyne* faisant intervenir trois espèces associées, soit *M. incognita*, *M. arenaria* et *M. javanica* par ordre d'importances décroissantes) dans les différents types de sols testés serait liée également à leurs teneurs en certains éléments tels le calcaire, le potassium et le magnésium. CADET *et al.* en 2000, rapportent que pour les facteurs abiotiques, il semble que des différences

significatives dans les teneurs en magnésium ou en calcium correspondent à des différences significatives dans les proportions de *Helicotylenchus dihystica*, de *Scutellonema cavanessi* et de *Tylenchorhynchus gladiolatus*. ABDOUSSALAM *et al.* (2000) montrent que les niveaux des populations telluriques et racinaires ne sont pas exclusivement liés à la sensibilité des cultures maraîchères en place, mais dépendent aussi des précédents culturels ou des agro-systèmes. Dans la présente étude, il est à remarquer que les propriétés des fractions granulométriques changent en fonction des diamètres des particules. A l'issue de cette partie de l'expérimentation, il semble que le sol limono-sableux, intermédiaire entre les types de sols sableux et argileux, présente pratiquement les meilleures conditions pour le développement des *Meloidogyne*. REVERSAT (1988) pense que les nématodes phytoparasites sont impliqués directement dans le phénomène de la fatigue des sols

### **3.3. - Discussion sur la résistance des variétés de tomate associées aux Cucurbitacées, au piment et poivron cultivés en Algérie**

Du point de vue de la résistance des cultures maraîchères à l'égard des *Meloidogyne* et selon la littérature, la tomate semble avoir une résistance intermédiaire entre le concombre, le melon, le piment et le poivron (ROHINI *et al.*, 1984; DALMASSO *et al.*, 1985; IBRAHIM, 1991; WEHNER *et al.*, 1993; JAIN et GUPTA, 1995; ZDRAVKOVIC *et al.*, 1995 ; VEDIE et AISSA MADANI , 2009).

#### **3.3.1. - Défenses naturelles des plantes : mécanismes généraux**

BLANCHARD et LIMACHE (2005) dans leur étude, donnent deux types de défense des variétés cultivées.

- Défense passive : une défense est dite passive quand les plantes sont capables de se protéger des attaques des bioagresseurs par des barrières mécaniques telles que la cuticule et la paroi pectocellulosique. Une fois, ces barrières franchies par des agents pathogènes, les mécanismes de défense active seront utilisés.

- Défense active : c'est une réaction d'hypersensibilité (HR) dans laquelle le produit du gène d'avirulence ou de virulence du pathogène est reconnu par le produit du gène de résistance de la plante. Cette réaction se manifeste par la mort de la cellule hôte qui avant de s'autodétruire aura émis des signaux d'alerte vers les cellules voisines pour créer une zone de résistance locale acquise (LAR) (BLANCHARD et LIMACHE, 2005). Il s'ensuit la synthèse de molécules de défense à action directe ou indirecte. Cette défense est très efficace pour confiner le pathogène et retarder son invasion. Les signaux et la synthèse de molécules de

défense peuvent se généraliser à la plante entière. Selon les mêmes auteurs précédemment cités, c'est la résistance systémique acquise (SAR). Cette résistance est moins intense mais plus durable. Ces mécanismes de défense se déroulent en trois phases : reconnaissance, signalisation puis réaction de défense. Du point de vue génétique, deux principaux types de résistances génétiques sont connus chez la plante : la résistance monogénique (résistance spécifique ou verticale) et résistance polygénique (non spécifique ou horizontale). Les interactions plante-nématode suivent très souvent le modèle « gene-of-gene » (c'est-à-dire à un gène d'avirulence chez le nématode correspond un gène de résistance chez la plante) (CASTAGNONE-SERENO, 2002 a et b).

La résistance monogénique dans laquelle intervient un seul gène, est une résistance moins durable. Elle se perd facilement si une seule mutation ou un seul changement allélique intervient au niveau du gène d'avirulence du pathogène (LINDHOUT, 2002; McDONALD et LINDE, 2002; NIKS et RUBIALES, 2002; PARLEEVLIET, 2002; PINK, 2002). En effet, les pathogènes les plus aptes à briser la résistance génétique sont ceux qui possèdent un système de reproduction mixte et un haut potentiel de flux de gènes (McDONALD et LINDE, 2002). Il précise que la reproduction sexuée permet plusieurs nouvelles combinaisons alléliques pouvant engendrer une combinaison capable de briser la résistance génétique de la plante ; la reproduction asexuée permet la reproduction conforme comme par clonage de la souche virulente produite. Le flux de gènes qui est un processus par lequel des allèles particuliers sont échangés parmi des populations géographiquement séparées, assure la large dispersion des souches virulentes produites. La résistance polygénique s'oppose de manière plus durable aux attaques du parasite. Plus la résistance est génétiquement complexe, plus il est difficile pour le pathogène d'évoluer vers une forme pouvant la briser (STUTHMAN, 2002). Dans la pratique, il arrive que la résistance monogénique se révèle très durable (PARLEEVLIET, 2002). La plupart du temps, les résistances contre les nématodes parasites sont de longue durée à cause de la biologie des nématodes qui sont, en général, des organismes sédentaires du sol avec une faible évolution génomique due à une capacité réduite de dissémination, de mutation et de flux de gène (CASTAGNONE-SERENO, 2002a). Les nématodes endoparasites sédentaires (*Meloidogyne*) établissent avec leur hôte une relation étroite et complexe. Il est connu que, chez les plantes tant sensibles que résistantes, l'expression de nombreux gènes est induite ou modifiée au cours de l'infestation par le nématode. Les gènes codant les protéines telles la chitinase ou la glucanase peuvent être induits lors d'une réaction de défense (OPPERMAN et CONKLING, 1994).

### 3.3.2. - Utilisation des variétés résistantes dans la lutte contre les *Meloidogyne*

Les présents essais sont réalisés dans des milieux semi artificiels (sols stérilisés en pots et sous-serres) pour mettre en évidence uniquement l'effet des *Meloidogyne* sur les variétés testées. Ils ont porté sur des tests de résistance des variétés cultivées; les Cucurbitacées sont comparées avec les variétés de tomate avec un inoculum de 3.000 J2 par pot. Puis des tests sur les variétés de tomate cultivées sont effectués en comparaison avec les piments et poivrons avec un inoculum de 6.000 J2 par pot. Les résultats obtenus nous montrent la sensibilité des quatre variétés testées melon charantais, concombre marketer, tomate neptune et narita. Les indices de vigueur et les indices de galles font preuve d'une sensibilité des cucurbitacées par rapport aux solanacées. Du point de vue pratique, il est nécessaire de connaître le degré d'infestation des parcelles avant d'envisager la mise en place d'une culture. La sensibilité des cultures peut avoir une conséquence sur le taux de multiplication des nématodes dans le sol et en même temps un effet directe sur le rendement. Les comparaisons entre les variétés de tomate dona et fandango avec les piments poivrons lipari et esterel ont donné une résistance des piments poivrons malgré la formation de galles au niveau des racines. Du point de vue génétique, une variété est dite résistante quand elle a le potentiel génétique capable d'élaborer une barrière mécanique biochimique empêchant ainsi la pénétration et le développement du pathogène dans celle-ci. L'accroissement des peroxydases pourrait constituer un mécanisme de défense de la plante contre l'invasion par les nématodes phytoparasites et les dommages qu'ils causent (IBRAHIM, 1995). Les variétés résistantes présentent certains gènes ne permettant pas la croissance et le développement des juvéniles de *Meloidogyne*. DALMASSO *et al.* (1985), indiquent que la résistance de la tomate est induite par le gène Mi, tandis que le piment présente cinq gènes Me1, Me2, Me3, Me4 et Me5. Pour le concombre il y a six génotypes, *Cucumis sativus* et *Cucumis mutiliferus*, PI 482448, PI 482450, PI 482452 et PI 482461 dont le PI 482452 a un faible pourcentage de galles de 35 % vis-à-vis de *M. hapla*, *M. arenaria* race 1, *M. incognita* race 1 et *M. javanica* 1 (WEHNER *et al.*, 1993). La plante réagit à l'attaque en opposant une réaction d'hypersensibilité ; une barrière physique est mise en place par une lignification des cellules de la zone de pénétration du nématode. Puis apparaît une lyse et une nécrose des cellules à l'endroit susceptible d'héberger le site trophique du nématode, l'empêchant ainsi de se nourrir (AGUDELO *et al.*, 2005).

En effet, SEMBLAT et CASTAGNONE-SERENO (2001) ont mis en évidence des biotypes virulents capables de contourner la résistance dans la plupart des zones de culture de la tomate

à l'échelle mondiale. BERTHOU *et al.* (2003), ont souligné qu'avec une population européenne de *Meloidogyne Chitwoodi* (Golden, O'Bannon, Santo et Finley, 1980) et *M. fallax* (Karssen, 1996) aucune résistance n'a été observée. Mais deux populations américaines et deux du sud de l'Europe de *M. chitwoodi* sont totalement avirulentes pour les poivrons. Ces résultats démontrent l'existence d'un grand polymorphisme au sein des populations de *M. chitwoodi* et un gène majeur de poivron pour une résistance spécifique contre certaines populations.

En Algérie, un système de rotation existe bel et bien, basé essentiellement sur les Solanacées (tomate, piment, poivron) et les Cucurbitacées. La tomate vient en priorité compte tenu de la demande sur le marché et la valeur ajoutée qu'elle représente. De ce fait, le respect du modèle scientifique basé sur une rotation équilibrée (tomate – fabacées – brassicacées - repos du sol) apparaît difficile. Même si le système d'un assolement pluriannuel est respecté, les nématodes à galles se maintiennent car ils sont très polyphages. Le phénomène de la résistance des Solanacées en particulier et des cultures en général est très complexe. La résistance existe face à une ou à deux populations de nématodes à galles ayant une même origine ou d'origines différentes (américaine, européenne ou peut être nord-africaine), sans oublier la résistance vis-à-vis d'une ou deux espèces ou parfois même de trois espèces, sachant que la liste des espèces de *Meloidogyne* est longue (*M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. Chitwoodi*, *M. fallax* et *M. hispanica*). En effet, des marqueurs moléculaires de type PCR ont été développés pour détecter le gène de résistance aux nématodes à galles Mi-1,2 dans des lignées de tomate développées au Maroc pour la résistance au *Begomovirus* (EL MEHRACH *et al.*, 2007). Toutes les lignées de tomates développées au Maroc possèdent le gène de résistance aux nématodes à galles. De ce fait, elles sont à la fois résistantes au TYLCV et aux nématodes à galles. Parmi ces lignées, neuf sont résistantes homozygotes (Lp.-Mi-1/Lp-Mi-1) et les autres sont hétérozygotes avec le génotype Lp-Mi-1/lh902-Mi-1 (EL MEHRACH *et al.*, 2007).

### **3.4. – Importance de la microflore utile dans les régions prospectées**

Les champignons prédateurs et parasites de nématodes sont largement répandus à travers le monde sous toutes les latitudes et altitudes variant de zéro à 2000 mètres (PELOILLE, 1981). Plusieurs travaux sont réalisés dans le monde. L'historique de ces recherches fait ressortir les travaux de DRECHSLER (1937, 1950) dans le Maryland, de TOLMSOFF (1959) en Oregon et de FEDER (1962) en Floride, en Géorgie et en Caroline du Nord et de ESTEY et OLTHOF (1965) au Québec (Canada). Les travaux de DUDDINGTON (1950; 1951a, 1951b; 1954) et de MACKENZIE (1960) en Angleterre sont à signaler.

Egalement les travaux de VERONA et LEPIDI (1970) en Italie sont à citer. Le chercheur JAROWAJA (1963) a fait un inventaire de ceux de la Pologne, SHEPERD (1961) de ceux du Danemark. En France, les travaux de COMONDON et DE FONBRUNE (1938, 1939) et de CAYROL *et al.* (1978) sont d'une grande utilité. PELOILLE (1979; 1981) a étudié la mycoflore prédatrice dans une prairie du Limousin. En ex-URSS, les travaux de grandes envergures sont ceux de SOPRUNOV et GALIULINA (1951), de SOPRUNOV (1953) et de MAKHTIERA, (1972). Il y a en Australie les travaux de TAN-HAN-KWANG (1966) et de FOWLER (1970) et en Nouvelle Zélande de WOOD (1973). En Inde, DAS-GUPTA *et al.* (1964) mentionnent ces organismes au Bengale et SACHCHIDAMANDA et SWARUP (1966, 1967) à Delhi.

Dans le cadre du présent travail, les Hyphomycètes sont notés dans les régions d'étude en particulier à Bordj El Kiffan et à Staouéli. Connus depuis un peu plus d'un siècle, les Hyphomycètes prédateurs de nématodes ne sont étudiés d'une manière systématique que depuis les travaux de DRECHSLER (1937). BARRON (1977) les a remarquablement illustrés et les a classés en huit genres regroupant 112 espèces. DRECHSLER (1937) a décrit des hyphes collants indifférenciés capturant des nématodes par des substances collantes de *Tridentoria implicans*; un filament mycélien peut croître puis s'anastomoser pour former des boucles réalisant ainsi un réseau formé de plusieurs arceaux tapissés d'une substance collante à laquelle adhèrent les nématodes qui viennent à son contact. Ce type de piège a été décrit par VORONINE en 1864 pour la première fois. ZOPF (1888) est le premier à observer la capture d'un nématode à l'aide de ce dispositif élaboré par le champignon *Arthrobotrys oligospora*. Ce type de piège se retrouve chez plusieurs genres comme *Arthrobotrys* (CORDA, 1839), *Candelabrella* (RIFAI et COOKE, 1966), *Duddingtonia* (COOKE, 1969) *Dactylaria* (SACCARDO, 1880) et *Monacrosporium* (OUDEMANS, 1885). Les champignons imparfaits avec les autres microorganismes (bactéries, insectes, acariens et nématodes) constituent le complexe parasitaire le plus important dans différents types de sols. Du point de vue de la diversité biologique, cette microflore est intéressante pour la lutte contre les insectes avec les champignons entomopathogènes et les champignons nématophages (GORLENKO, 1956; CAYROL *et al.*, 1981; GOMES CARNEIRO et CAYROL et FRANKOWSKI, 1986; CAYROL *et al.*, 1989; KERRY, 1988; DOUMANDJI-MITICHE et DOUMANDJI, 1993; HAMMACHE, 1994; CHERAFA, 2004; GOSWANI *et al.*, 1998; KAIDI, 2005; SABRI, 2008). Dans les milieux naturels ce complexe et en parfait état d'équilibre permettant le maintien des populations nuisibles aux cultures à un niveau au dessous du seuil de nuisibilité sans avoir recours à la lutte chimique. Cette dernière pose généralement de sérieux problèmes

liés à la santé humaine, animale, au niveau des nappes phréatiques en particulier et de l'environnement en général. MANKAU (1980) précise que les champignons antagonistes de nématodes phytoparasites présentent une grande diversité appartenant à des ordres très divergents. Ils comprennent les endoparasites, les parasites des œufs, des femelles et des kystes et les champignons produisant des métabolites toxiques.

Les champignons prédateurs ont longtemps été étudiés comme agents de lutte biologique et ont souvent montré des résultats spectaculaires *in vitro*. Leur performance dans les études sur le terrain a généré peu d'enthousiasme parmi les nématologistes. STIRLING et MANKAU (1979) ont démontré que *Dactylella oviparasitica* prolifère rapidement à travers les masses d'œufs de *Meloidogyne*. Le champignon pénètre par voie mécanique mais la pénétration enzymatique par la production de chitinase est possible. Ils ont observé une absence totale de galles sur la culture de la tomate infestée par *M. incognita* et inoculée par le champignon *Dactylella oviparasitica*. Des enquêtes sont menées sur 58 vergers d'agrumes en Californie dans le but de détecter les agents de lutte biologique (bactéries, champignons ou insectes) pour réduire les populations de nématode *Tylenchulus semipenetrans* (GASPARD et MANKAU, 1986).

Le présent travail fait sur le terrain complété par celui mené au laboratoire a permis de remarquer dans les domaines prospectés des différentes régions la présence des champignons nématophages prédateurs et parasites du Genre *Arthrobotrys*, *Dactylaria*, *Dactylella*, *Myzocyttium*, *Harposporium*, *Rhopalomyces*, *Stylopage* et *Tripodosporina*. Leur présence est naturelle (CAYROL *et al.*, 1992). D'après KERRY (1992) et SHERBER (1995) ce sont probablement des facteurs chimiques qui font que le champignon n'apparaît que là où les nématodes vivent. Comme les nématodes sont présents sous différents stades larvaires et restent mobiles dans tout leur cycle de vie, leurs antagonistes doivent produire des pièges. Cette diversité mycélienne offre plusieurs types d'avantages. LOPEZ (2000) pour faire face aux problèmes causés par les nématodes sur la culture du bananier, a fait appel à des champignons destructeurs appartenant à différents Genres comme : *Harposporium*, *Dactylella*, *Stylopage*, *Dactylaria*, *Catenaria*, et *Arthrobotrys*. Ceux-ci ont une grande capacité d'éliminer et d'attaquer un grand nombre d'espèce de nématodes. Ils possèdent des structures ou des organes de captures spécialisés pour piéger les parasites en mouvement (anneaux contractiles ou non, filets, structures adhésives et autres). Il ne faut pas perdre de vue que ces champignons prédateurs sont capables de capturer différents nématodes. Des études sur *Arthrobotrys oligospora* montrent qu'il est capable de s'attaquer aux nématodes libres : *Rabditis*, *Mononchus* et *Cephalobus* (COMMANDON et De FONBRUNE, 1938;

DJIAN-CAPORALINO *et al.*, 2009). Dans ce cas, ces champignons n'ont pas une spécificité de prédation ou de parasitisme du ou des nématodes phytoparasites ciblés.

Pour ce qui est du taux de présence des champignons prédateurs et parasites des nématodes, afin d'évaluer la fréquence des champignons nématophages, il est procédé à l'estimation globale de leur présence dans les dix domaines confondus pour chaque type de sol. En examinant les résultats obtenus dans les sols traités avec le 1.3 Dichloropropène, l'Ethoprophos et le Cadusaphos à 10, 20 et 30 cm de profondeur, l'espèce la plus fréquente est *Arthrobotrys musiformis* suivi par *A. dactyloïdes*. Les mêmes espèces sont notées dans les sols non traités (témoins). Il est constaté que les champignons nématophages ou parasites présentent une diversité biologique considérable. Le Genre le plus représenté est *Arthrobotrys* avec une espèce omniprésente *Arthrobotrys musiformis* dans tous les domaines, à toutes les profondeurs et dans les deux types de sols. C'est un Genre dont le mécanisme de piégeage n'est pas complexe avec une rapidité de capture des juvéniles et une facilité de développement dans les sols (CAYROL *et al.*, 1992; DENBELDER, 1994).

Les résultats montrent qu'au niveau des sols traités et témoins et des trois profondeurs, une différence significative existe entre les champignons nématophages. Par contre, elle n'est pas significative entre les sols traités et témoins. Cela explique que les produits nématicides n'ont pas d'effet sur cette flore utile dans les serres nouvellement installées et qu'un apport de matière organique se réalise au début de chaque culture. Il est à noter que l'apport de fumier et des engrais est pratiqué dans tous les domaines. KRENTZES (1965) fait remarquer que la matière organique peut également protéger les champignons utiles contre l'action des agents fumigants, car certains possèdent des structures de survie et résistent à la fumigation (Chlamydozoores) et capables d'initier le repeuplement. D'après B'CHIR (1998) le traitement par le Dazomet n'a pas d'effet sur les *Meloidogyne*. Il a même tendance à favoriser leur multiplication car son action polyvalente sur les champignons antagonistes du sol est importante. C'est un produit qui touche à l'équilibre biologique du sol (B'CHIR, 1998). LOPEZ (2000) explique que les champignons nématophages possèdent deux phases dans leur cycle biologique:

- Une phase saprophyte durant laquelle ils n'utilisent que la matière organique comme source d'énergie.
- Une phase parasitaire où ils se nourrissent uniquement de nématodes piégés ou parasités.

TIETZ (2001) précise que le champignon antagoniste pousse dans le sol à condition qu'il trouve le milieu propice à son développement. CAYROL (1983) note que le développement

des champignons se fait beaucoup mieux dans un fumier de bovin ou ovin que dans un humus commercial. Il précise que le champignon s'étend aussi bien dans des parcelles témoins n'ayant pas reçu de matière organique, ce qui indique qu'il n'a pas besoin de sols très humifères pour s'implanter. La matière organique n'est pas à elle seule un moyen de survie des champignons, d'autres facteurs sont importants. CARTILE et WATKINSON (1994) montrent que l'utilisation des pratiques culturales comme la rotation des cultures a un effet favorable sur la croissance, la distribution et la survie des champignons. CLAPPERTON (2005) explique que les pratiques culturales adoptées induisent à une diversité biologique souterraine. D'après les différents essais effectués, il est montré que le champignon du Genre *Arthrobotrys* se développe rapidement dans un sol à pH neutre et alcalin (7,2 et 8,4) alors que sa croissance est stoppée à pH acide (5,7). Dans ce dernier cas, le champignon n'est pas arrêté, il émet une légère frange mycélienne incapable de s'étendre (CARYOL, 1983).

Cette étude pourrait expliquer cette différence significative entre *Arthrobotrys musiformis* et les autres espèces de champignons parasites et prédateurs. L'espèce *Triposporina aphanopaga*, dans un sol traité, ne s'observe que dans les premiers 10 cm du sol et qui est absente à 20 et 30 cm de profondeur. Le même constat est fait pour *Harposporium bismatosporum*. TIETZ (2001) fait part qu'un milieu humide et à l'abri de l'incidence directe du soleil stimule le développement des champignons. Si le sol est sec et très ensoleillé le champignon n'a pas beaucoup de chance de s'installer. GRAY (1985) précise que les champignons endoparasites préfèrent des sols très humides pour se développer. Il est à noter que dans les sols témoins la présence des champignons nématophages est plus importante dans les 20 et 30 cm par rapport à 10 cm. Certaines espèces comme *Dactylella ellipospora*, possède une fréquence plus importante à 20 et 30 cm qu'à 10 cm de profondeur. Il en est de même pour l'espèce *Triposporina aphanopaga* qui n'est observée seulement qu'en profondeur. Dans un travail de laboratoire, VIRAT (1977) et PELOILLE (1979; 1981) ont pu mettre en évidence la plus large distribution d'espèces comme étant liées à des biotopes particuliers. Ainsi *Manacropsorium salinum* est isolée à partir des plantes poussant dans l'eau de mer où *Candelabrella javanica* est isolée à Java. Des recherches ont montré que certaines enzymes isolées de champignons nématophages tels que *Verticilium chlamyosporium* sont purifiées in situ à partir de la couche extérieure de la coquille de l'œuf de *Meloidogyne incognita*. Elles sont considérées comme pathogènes vis-à-vis des nématodes et des insectes. Ces observations suggèrent que l'enzyme VCP 1 ou similaires peuvent jouer un rôle dans l'infection des invertébrés comme les nématodes phytoparasites (SEGERS *et al.*, 1994). Ces protéines peuvent fournir des informations cruciales pour l'amélioration de l'efficacité de ces

champignons dans les applications de lutte biologique (LIANG *et al.*, 2009). Il faut noter que la combinaison de champignons et de bactéries dans la lutte contre les nématodes phytoparasites peut donner de bons résultats. SIDDIKI et MAHMOUD (1995) ont pu démontrer en utilisant *Bacillus subtilis* et des filtrats de culture des champignons *Aspergillus niger*, *Genicularia tuberculata* et *Penicillium coryophilum* seuls ou combinés comme traitement de semences pour protéger le pois chiche contre une maladie racinaire complexe associant *Meloidogyne incognita* race 3 avec le champignon pathogène *Macrofomina phaseolina*. Ils sont très significatifs du point de vue efficacité. Le développement de champignons nématophages comme agents de lutte biologique a mis en évidence la nécessité d'approfondir la compréhension de leurs processus d'infection. Les champignons parasites des œufs tels *Pochonia chlamydosporia* et *Paecylomyces lilacinus* et le champignon prédateur *Arthrobotrys oligospora* ont reçu le plus d'attention. La biochimie et la biologie moléculaire ont permis de comprendre le processus d'infection. Cette prise de conscience croissante de la biologie de l'infection a ouvert de nouvelles voies dans l'amélioration des méthodes de lutte biologique (MORTON *et al.*, 2004). L'inconvénient de l'utilisation des champignons antagonistes réside dans les contraintes liées à son utilisation pratique tels que la formulation, le stockage, l'adaptation et le maintien dans le sol. Pour notre étude, plusieurs milieux de cultures peuvent être utilisés pour inventorier les champignons utiles présents dans les sols. Certains milieux sont considérés comme généraux auxquels une infusion de matière organique est ajoutée. D'autres sont sélectifs et complexes dans leur préparation permettant de mettre en évidence certains champignons très intéressants tels que *Paecylomyces lilacinus* ou *Verticillium chlamydosporium*. Dans la présente étude il est employé un seul milieu de culture représenté par un milieu faible à base d'Agar-Agar associé parfois à une infusion de matière organique pour un bon développement des pièges de nématodes en phase de prédation ainsi que le phénomène de parasitisme chez les autres.

### **3.5. - Discussion sur les méthodes de lutte contre les *Meloidogyne***

D'après B'CHIR (1973), le niveau d'infestation d'une culture par les *Meloidogyne* le plus élevé correspond à la dose (1) et nous permet de confirmer que les attaques surtout sous serres ne s'évaluent qu'en fin du cycle culturale. Néanmoins, les essais basés essentiellement sur les traitements variétés résistantes, lutte chimique, plantes nématicides et mulshing ont révélé des différences significative en comparant les traitements DD. Tagette et variété résistante) avec les traitements (Solarisation du sol, Mocap et témoins) en fonction de tous les critères étudiés. La solarisation à elle seule n'a pas donné les résultats escomptés ce qui veut

dire que cette méthode ne peut donner de bons résultats que lorsqu'elle est associée à une lutte chimique, car elle a un effet sur l'éclosion massive des œufs de *Meloidogyne*. Elle a permis d'obtenir une température optimale favorable à l'éclosion des œufs et permettant ainsi au nématocide d'être plus efficace en tuant le maximum de juvéniles très actives dans le sol à la recherche de racines pour se nourrir. L'application de l'Ethoprophos même fractionné n'a pas donné des résultats concluants. Les traitements à base de D.D. fumigant, variété résistante et les plantes à action nématocide sont les meilleurs pour la gestion des problèmes nématologiques dans les serres infestées. Le choix d'un traitement dépend de son application, de son coût à l'hectare. Il dépend également de la possibilité de combiner un ou deux traitements pour une lutte raisonnée en fonction du degré d'infestation. La mise en place de différents types de traitements et selon des modalités aussi compatibles que possible dans le but de déterminer une méthode de lutte efficace pouvant être utilisée dans un système de lutte raisonnée contre les nématodes phytoparasites et en particulier contre les *Meloidogyne* constitue le but essentiel du présent travail. Les traitements nématocides ou physiques sont onéreux et ne peuvent éliminer les nématodes du sol d'une manière définitive. En effet, la capacité de ces nématodes à migrer d'avantage dans le sol les rend difficile à atteindre et recolonisent les sols une fois que la molécule nématocide se soit dégradée. Les traitements à base de l'Ethoprophos et la solarisation ne sont pas concluants sur la dynamique des populations des *Meloidogyne* en comparaison avec les blocs témoins et les autres traitements. Ces derniers peuvent parfois être un facteur favorisant la pullulation des nématodes. Il ne faut pas perdre de vue que ces molécules sont toxiques pour la faune et la flore utile des sols. Leur solubilité importante dans l'eau constituant un des facteurs de pollution des nappes phréatiques le plus important. Quant aux variétés résistantes telle que dona, son introduction comme moyen de lutte dans le présent essai, s'avère efficace. Elle a pu diminuer d'une manière remarquable le taux d'infestation du sol. Elle l'a autant abaissé que pour le traitement nématocide à base de fumigant qui est reconnu efficace dans cet essai. Ces variétés dites résistantes peuvent sélectionner des races ou pathotypes virulents avec des utilisations répétées, sans oublier que ces nématodes peuvent contourner la résistance. L'utilisation de la plante nématocide, tagette, a donné des résultats très prometteurs grâce aux sécrétions de substances volatiles à action nématocide pouvant diminuer nettement les niveaux d'infestation des *Meloidogyne*. D'autres plantes nématocides peuvent être utilisées comme la crotalaire, (*Crotalaria* sp.), utilisée traditionnellement en Amérique du Sud et l'Asie dans leurs assolements pour abaisser les populations de nématodes phytoparasites. La crotalaire convient pour les sols légers et frais associés à un climat ensoleillé et chaud. Sa densité de

plantation est de 5 plants par mètre carré. Elle constitue également un engrais vert nématicide intéressant. Comme c'est une Fabaceae, son enfouissement constitue une fumure azotée non négligeable. Les tourteaux de grains de Neem appelés Nématorg sont utilisés en Inde pour lutter contre les nématodes parasites des plantes. En France, son application à raison de 6 T./ha a permis la protection des cultures de printemps sensibles aux nématodes. Le Ricin (*Ricinus communis*) possède des propriétés de plante piège. Son tourteau a une action ovicide. L'association de tourteau de Ricin au Nématorg permet le contrôle des populations de nématodes à galles avec une dose de 2,5 T./ha chacun (BERTRAND, 2001).

En effet, AWAD et HUYAR (2003) ont montré à travers des résultats de comptage des nématodes que les grignons d'olives, les ordures ménagères, le lilas de Perse et les graines de Nigelle ont exercé une efficacité nématicide, une fois additionnés au sol incubé au laboratoire. AZIM (2005) a donné des résultats encourageants sur l'utilisation de l'argan, du ricin et du neem comme nématicides et fertilisants en même temps. L'importance des plantes nématicides connaît ces derniers temps une évolution remarquable. Des recherches sur l'activité biologique des feuilles de *Calotropis procera* utilisées sur les œufs des *Meloidogyne* sont également efficaces sur les œufs du criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775) (AHMED *et al.*, 1996; ABBASSI *et al.*, 2004). Par ailleurs, les deux derniers traitements concernant la variété résistante et la plante nématicide sont très recommandés. Ils constituent une composante essentielle pour la protection des cultures, dans la mesure où leur contribution à la limitation des populations des ravageurs n'entraîne guère de contraintes ni pour l'agriculture ni pour l'environnement. Leurs effets sont bénéfiques même à long terme à condition de les appliquer d'une manière scientifique avec une stratégie de lutte selon les régions et les degrés d'infestation des cultures. Cette stratégie de lutte doit s'inscrire dans un concept de lutte intégrée ou raisonnée qui repose sur la connaissance aussi parfaite que possible de la relation plante-parasite.

## Conclusion générale

Au terme de ce travail et avant d'aborder les recherches sur la gestion des problèmes nématologiques entre autre ceux des nématodes à galles du genre *Meloidogyne*, nous sommes intéressés à une meilleure connaissance de la biologie, et le comportement des nématodes inféodés aux cultures maraîchères. Il apparaît que les *Meloidogyne* se développent bien dans les régions du Littoral caractérisées par un climat doux avec des conditions édaphiques favorables surtout avec la disponibilité de plantes hôtes durant presque toute l'année avec des cultures extra-primiers, primiers, de saison et d'arrière saison. Les dissections de 40 femelles ont pu mettre en évidence trois espèces avec la dominance de *M. incognita*, suivie de *M. arenaria* et de *M. hapla* en se basant sur la figure périnéale. Les caractères biométriques des femelles comme la longueur du cou, les dimensions des corps, des œufs et des larves de deuxième stade qui auraient pu permettre de faire la distinction entre les espèces n'ont pas permis d'aboutir à des différences significatives.

La fécondité des *Meloidogyne* calculée sur le nombre d'œufs par masse d'œufs a donné plusieurs classes selon le test de DUNCUN allant de la première (0 à 100 œufs) jusqu'à la neuvième (801 à 900 œufs). Cette étude a permis de mettre en évidence le développement des nématodes à galles en fonction des quelques paramètres du sol telles que :

- la granulométrie avec trois types de sol (Sableux, Argilo-limoneux et Limono-sableux).
- les analyses chimiques pour mieux conclure sur l'adaptation des trois espèces de *Meloidogyne* en relation avec la plante-hôte et le milieu de conduite de cette dernière. Les travaux ont été menés au laboratoire, sous-serre, en pot plus précisément et sur un sol préalablement stérilisé.

Il apparaît à travers les présents résultats que les nématodes peuvent en effet se développer dans les trois types de sol. Le facteur sol n'est pas un facteur limitant pour la migration verticale et horizontale des nématodes du genre *Meloidogyne*. Ces essais ont montré que les sols limono-sableux peuvent fournir aux nématodes toutes les conditions favorables et adéquates pour leur prolifération. Le taux d'infestation dans ce sol est le plus élevé, sol caractérisé par un taux élevé de sable avec la présence d'une macroporosité et d'une microporosité importantes. La matière organique et la teneur de certains éléments (calcaire, potassium et magnésium) présents dans le sol semblent présenter des avantages notables pour le développement des nématodes à galles. Pour ce qui concerne le pH, les observations le long des stades phénologiques du melon variété charentais ont montré que les sols neutres ou peu acides favorisent l'éclosion des œufs des nématodes à galles, mais au dessous de 5,2, cette

dernière est inhibée. L'effet du pH sur le développement des nématodes à galles dans les sols étudiés caractérisés par des pH basiques est remarquable 0 à 100.

Les résultats liés aux paramètres de la plante ainsi que l'analyse quantitative de la nématofaune renseigne d'une manière générale sur la nuisibilité des *Meloidogyne* sur la culture du melon en pots quel que soit le type de sol en question. Les résultats obtenus montrent que les sols algériens sont susceptibles d'héberger les nématodes en leur offrant toutes les possibilités pour infester les cultures en place. Les enquêtes menées sur le terrain, ont montré que les infestations sont importantes sur le Littoral Centre, moyennes sur le Littoral Ouest et assez faibles sur le littoral Est. Le même constat est observé dans les régions du Sud de l'Algérie se caractérisant par un sol sableux (léger), où nous avons noté des infestations importantes dans la région d'Adrar, de Biskra et d'Ouargla. Bien que la nature de ces trois sols diffère complètement, les populations de *Meloidogyne* s'y adaptent suivant les possibilités offertes par chacun d'eux. Ceci permet de dire que les possibilités d'infestations des régions des plaines intérieures, caractérisées par des sols argileux et argilo-limoneux, sont possibles si nous ne prenons pas les dispositions nécessaires pour éviter les contaminations des sols par les nématodes à galles.

En ce qui concerne la partie résistance des plantes cultivées, les Solanacées sont considérées comme des cultures adaptées à tous les milieux. L'introduction de nouvelles variétés et leur intégration dans un système de rotation constitue un moyen efficace de lutte contre les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*. Cependant, leur sensibilité modérée aux attaques de ces nématodes augmente le risque de leur multiplication dans les sols. Les variétés étudiées, s'avèrent assez sensibles du fait qu'elles montrent à la fin de la culture des paramètres variables selon les variétés. Les Cucurbitacées présentent l'intérêt d'être bien adaptées aux conditions semi-naturelles pour une bonne production et étalée sur une période assez longue. Mais leur sensibilité aux attaques des *Meloidogyne* oblige à mieux maîtriser les combinaisons dans des systèmes de rotation pour minimiser les dégâts dus aux nématodes. Pour les variétés de cultures maraîchères homologuées en Algérie et utilisées à grande échelle, nous avons entrepris des tests d'inoculation des juvéniles infestantes dans les sols stérilisés pour mettre en évidence leur agressivité. L'inoculum est variable (3.000 et 6.000 J2 par plant) pour une meilleure expression de la réaction d'hypersensibilité des plantes cultivées.

Pour la stratégie de surveillance et de lutte efficace contre les nématodes surtout ceux du genre *Meloidogyne*, il semble utile d'essayer de comprendre le phénomène engendrant une

fluctuation des fréquences de champignons nématophages en effectuant un suivi de recherche relatifs aux facteurs de leur développement.

Dans le présent travail, l'étude des champignons utiles s'est faite en fonction des caractères des sols, de la matière organique, des types de conduite des cultures et des produits insecticides et nématicides utilisés. Nous avons pu répertorier 12 espèces de champignons nématophages (prédatrices et parasites) : *Arthrobotrys dactyloïdes*, *A. musiformis*; *A. oligospora*, *Dactylaria brochopaga*, *Dactylella leptospora*, *D. ellipsospora*, *Myzocyttium*, *Rhopalomyces elegans*, *Triposporina aphanopaga*, *Stylopaga cephalote*, *Harposporium anguillulae* et *H. bismatosporum*.

Dans les régions de Bordj El Kiffan, de Staouéli et de Tipasa la présence de champignons nématophages naturels est mise en évidence. Il apparaît que dans le sol traité avec des nématicides à 10 cm de profondeur, l'espèce la plus fréquente est *Arthrobotrys musiformis* avec une fréquence d'occurrence égale à 90 %, suivie par *Arthrobotrys dactyloïdes* (F.O. % = 80 %) et par *A. oligospora* (F.O. % = 70 %). A 20 cm de profondeur, l'espèce la plus fréquente est *A. musiformis* (F.O. % = 100 %). De même à 30 cm, *A. musiformis* a un taux de présence de 100 %, suivie par *A. dactyloïdes* (F.O. % = 70 %). Le sol témoin à une profondeur de 10 cm, renferme surtout *A. musiformis* (F.O. % = 100 %) suivie par *A. dactyloïdes* (F.O. % = 70 %). A 20 cm de profondeur l'espèce la plus présente, c'est encore *A. musiformis* (F.O. % = 90 %) et à 30 cm la même espèce *A. musiformis* avec un taux de 90 %. Il est à constater que les différents champignons nématophages présentent une variété d'espèces non négligeable. Le Genre le plus représenté est *Arthrobotrys* avec une espèce omniprésente *Arthrobotrys musiformis* même à toutes les profondeurs dans les 2 types de sols. Il existe une différence significative entre les champignons nématophages et parasites à chaque profondeur et pour chaque type de sol. Nous avons noté que tous les domaines prospectés utilisent des produits chimiques plus précisément ses nématicides, le DD. fumigant, le Cadusaphos (Rugby) et l'Ethoprophos (Mocap). Le fumier et les engrais sont pratiqués dans tous les domaines. Cependant, des amendements organiques tels que le fumier, lorsqu'il est ajouté au sol est exposé aux dégradations microbiennes qui peuvent stimuler la germination des mycéliums des champignons et accroître l'activité antagoniste dans le sol. D'après les différents essais effectués, nous avons noté la présence du Genre *Arthrobotrys* qui se développe rapidement dans un sol à pH neutre et alcalin (7,2 et 8,4) alors que sa croissance est stoppée en pH acide (5,7). Cette étude pourrait expliquer cette différence significative entre *Arthrobotrys musiformis* et les autres espèces de champignons parasites et prédateurs lesquels n'ont pas pu se développer dans le sol comme l'espèce *Triposporina*

*aphanopaga*. Car dans un sol traité, elle ne s'observe que dans les premiers centimètres du sol et qui est absente à 20 cm et 30 cm de profondeur. Le même constat est fait pour *Harposporium bismatosporum*. Dans les sols témoins, la présence des champignons nématophages est plus importante à 20 cm et à 30 cm par rapport à 10 cm. Certaines espèces comme *Dactylella ellipsospora*, possèdent une fréquence d'occurrence plus importante à 20 et à 30 cm qu'à 10 cm. Il en est de même pour l'espèce *Triposporina aphanopaga* qui est observée seulement en profondeur. Nous pouvons dire que les régions de Staoueli et de Bordj El Kiffan présentent un nombre d'espèces de champignons qui pourraient être utiles en lutte biologique. Les sols sont vivants avec une activité biologique importante du point de vue microflore utile. Ces études peuvent être enrichies et complétées avec une connaissance approfondie des Tardigrades, des Collemboles, des acariens, des nématodes prédateurs, des bactéries et autres microorganismes pour mieux cerner les complexes nématodes phytoparasites et leurs auxiliaires. Il est à noter enfin, que cette étude a permis de mettre en évidence ces espèces accompagnatrices et d'attirer l'attention sur l'opportunité de l'utilisation des champignons nématophages (prédateurs et parasites) en lutte biologique car cette dernière est un moyen susceptible de remplacer la lutte chimique. Il est indispensable de développer ces moyens de lutte car les nématicides chimiques représentent un danger pour l'environnement et même provoquent la résistance chez les espèces nuisibles. Il existe dans les sols du Littoral algérois une microflore très diversifiée montrant une bonne activité biologique capable de donner de bons résultats car les études montrent qu'il faut disposer de souches locales. Par ailleurs les apports en matière organique sous forme de fumier de ferme bien décomposé permettent de garder les sols vivants capables d'établir des équilibres naturels entre les auxiliaires et les agents pathogènes sans aucune intervention directe de l'homme. La mise en place de différents types de traitements, selon des modalités aussi compatibles que possible dans le but de déterminer une méthode de lutte raisonnée efficace pouvant être utilisée contre les nématodes phytoparasites, en particulier les *Meloidogyne*. Les traitements nématicides ou physiques sont onéreux et ne peuvent éliminer les nématodes du sol d'une manière définitive. En effet, ces nématodes peuvent migrer d'avantage dans le sol les rendant difficiles à atteindre et risquent de recoloniser les sols une fois la molécule nématicide dégradée. Les traitements à base d'Ethoprophos et la solarisation ne sont pas concluants sur la dynamique des populations des *Meloidogyne* en comparaison avec les blocs témoins et les autres traitements. Ces derniers peuvent parfois être un facteur favorisant la pullulation des nématodes. Il ne faut pas perdre de vue que ces molécules sont toxiques pour la faune et la flore utile des sols avec une solubilité importante dans l'eau constituant un des

facteurs de pollution des nappes phréatiques les plus importants. Quant aux variétés résistantes telle que Dona, son introduction parmi les traitements du présent essai, s'avère efficace. Elle a pu diminuer d'une manière remarquable le taux d'infestation du sol. Elle l'a autant abaissé que le traitement nématicide à base de fumigant reconnu efficace dans cet essai. Ces variétés dites résistantes peuvent sélectionner des races ou pathotypes virulents ou même ces nématodes peuvent contourner la résistance en cas d'utilisations successives. L'utilisation de la plante nématicide (tagette) a donné des résultats très prometteurs grâce aux sécrétions de substances volatiles à action nématicide pouvant diminuer nettement les niveaux d'infestation des *Meloidogyne*. Ces deux derniers traitements, variétés résistantes et plantes nématicides, sont très recommandés et constituent une composante essentielle pour la protection des cultures, dans la mesure où leur contribution à la limitation des populations des ravageurs n'entraîne guère de contraintes ni pour l'agriculture, ni pour l'environnement. Leurs effets sont bénéfiques même à long terme à condition de les appliquer d'une manière scientifique avec une stratégie de lutte selon les régions et les degrés d'infestation des cultures. Cette stratégie de lutte doit s'inscrire dans un concept de lutte intégrée ou raisonnée qui repose sur la connaissance aussi parfaite que possible de la relation plante-parasite.

### **Perspectives**

En perspectives, il faut développer les recherches sur la systématique des espèces de *Meloidogyne* observées dans les régions du Littoral et du Sahel algérois dans un premier temps et en Algérie dans un second temps. Dans ce contexte l'isolement et l'amplification de l'ADN et le séquençage en biologie moléculaire vont jouer un rôle fort important. C'est une technique onéreuse mais parfois nécessaire. Il serait très utile de dresser des cartes de répartition des espèces de nématodes phytoparasites sur tout le territoire national. Ce travail doit être étendu aux espèces végétales spontanées tout en tenant compte des associations de plantes. Il est certainement nécessaire de multiplier les études et de les effectuer d'une manière aussi poussée que possible sur la biologie des espèces de *Meloidogyne* : une bonne connaissance du ravageur, c'est le meilleur moyen permettant d'organiser par la suite une lutte efficace contre ce dernier. La résistance des variétés cultivées peut être un des éléments de lutte de substitution à la lutte chimique. Mais une meilleure connaissance du terrain et son état de santé du point de vue nématologie permettra d'aboutir à un système de gestion des populations de nématodes afin d'éviter l'apparition de races ou pathotypes agressifs.

L'inventaire des espèces de champignons parasites ou prédateurs mérite une attention particulière, car les équilibres biologiques des sols sont beaucoup plus intéressants du point de

vue lutte biologique. Le complexe sol, microfaune et microflore mérite d'être mis sous un champ de vision plus précis pour donner un maximum d'informations sur les espèces, la répartition, l'interaction, l'occupation des sols, les facteurs de développement et les conditions pouvant être offertes pour une recolonisation des sols tels que le pH et la matière organique. Les milieux de culture dans ce cas peuvent être divers ce qui donne la possibilité d'un inventaire complet et significatif. 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 tels que les pratiques culturales peuvent avoir un effet favorable sur la croissance, la distribution et la survie des champignons.

La lutte contre les nématodes endoparasites sédentaires à base de molécules nématocides ou parfois même mixte; nématocides- insecticides, existe bel et bien. Mais ces méthodes coûteuses parfois ne donnent qu'une protection temporaire et permettent après un repeuplement des sols provoquant ainsi des infestations massives sur les cultures. Sur cette base, la lutte intégrée ou dirigée ou raisonnée avec un rapport fiabilité / coût, reste la seule alternative pour la gestion des problèmes nématologiques.

## Références bibliographiques

- 1 - ABBASSI K., ATAY KADIRI Z. et GHAOUT S., 2004 - Activité biologique des feuilles de *Calotropis procera* sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forsk, 1775). *Zool. baetica*, 15 : 153 - 166.
- 2 - ABDOUSSALAM S., MAMADOU D., BOUMA T., YANOUGO K. et MATEILLE T., 2000 - Incidence de quelques facteurs agronomiques sur les populations de *Meloidogyne* spp. et leurs principaux organismes parasites en culture maraîchère sahélienne. *Nematology*, 2 (8) : 895 - 906.
- 3 - AGUDELO P., ROBBINS R., STEWART J.M., BELL A.A. and ROBINSON A.F., 2005 - Histological observations of *Rotylenchus reniformis* on *Gossypium longicalix* and interspecific cotton hybrids. *J. Nematol.* 37, : 444 - 447.
- 4 - AHMED R., SHAHAB M.Z., INAM-UI- HAQ M., JAWED N., DOGAR M.A. and KHAN M.Y., 1996 - Effect of soil amendement with *Calotropis procera* for the control of *Meloidogyne javanica* infection on egg plant. *Pakistan J. Nematol.*, 14 (1) : 55 - 59.
- 5 - AMMAR A., 1986 - *Indice de la succession de culture de tomate sensible et résistance sur l'évaluation des caractères bioécologiques des populations de Meloidogyne sp.* Diplôme étu. approf. (D.E.A.) écol. appl.. Fac. Sc. Tunis, 66 p.
- 6 - ANNABI M., BAHRI H. et LATIRI K., 2009 - Statut organique et respiration microbienne des sols du nord de la Tunisie. *Base*, 13 (3) : 401- 408.
- 7- ARVIEU J. C. et CUANY A., 1983 - Effets de la matière organique sur la bio-activité et la dégradation du bromure de méthyle dans le sol. *Conférence OEPP sur la fumigation*, 18 – 19 octobre 1983, Paris.
- 8 - AUBERT G., 1968 - *Les méthodes d'analyse des sols*. Ed. "Gad", Crdp., Marseille, 191 p.
- 9 - AUBER B., FOURNIER F., SCOTTO LA MASSESE C. et FAIVRE-AMIOT A., 1983 - Un cas de galles sur racines de *Vitis vinifera* occasionnées par un complexe "Nématodes-Crown galles". *Fruits*, 38 : 827 - 830.
- 10 - AWAD E. et HUAYAR S., 2003 - Effet d'amendements organiques et de deux pesticides sur le nombre de nématodes dans un sol agricole. *J. Nematol.*, (4) : 101 - 110.
- 11 - AZIM K., 2005 - *The nematicidal and the fertilizing effect of argan, castor and neem cake on cucurbits (cucumber and melon) grown under greenhouse in Agadir region (South of Morocco)*. Thèse 3<sup>ème</sup> Cycle, Agronomie, option horticulture, Inst. agro. et vétérinaire Hassan II, Agadir, 60 p.
- 12 - BARNETT H. L. and HUNTER B.B., 1972 - *Illustrated genera of imperfecti fungi*. Ed. APS Press, St. Burgen Publishing Company, Mineapolis, Minnesota, 241 p.

- 13** - BARRON G.L., 1968 - *The genera of Hyphomycetes from soil*. Ed. Williams and Williams, Baltimore, 364 p.
- 14** - BARRON G.L., 1977 - *The nematodes destroying fungi. Topics in Mycology*. Canadian. Biol. Publ., Guelph, n° 1, 140 p.
- 15** - B'CHIR M.M., 1988 - Les limites des traitements nématicides contre les *Meloidogyne* associés au melon cultivé sous abri plastique en Tunisie. *Rev. Nématol.*, Vol. 11 (2) : 189 - 194.
- 16** - B'CHIR M.M. et HORRIGUE N., 1984 - Etablissement d'un modèle expérimental pour tester l'efficacité des produits nématicides homologués sur les *Meloidogyne* associés à la culture de melon '*Cucumis melo*' sous abris-serres. *Ann. Inst. nati. rech. agro. Tunis.*, 55 (3) : 1 - 30.
- 17** - BELAIR G., 2005 - Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes... par la racine. *Phytoprotection*, Vol. 86 (1) : 65 - 69.
- 18** - BERTHOU F. PALLOIX A. and MUGNIERY D., 2003 - Characterisation of virulence in populations of *Meloidogyne chitwoodi* and evidence for a resistance gene in pepper *Capsicum annum* L. line PM 217. *Nematology*, 5 (3) : 383 - 390.
- 19** - BERTRAND C., 2001- *Lutter contre les nématodes à galles en agriculture biologique*. Fiche technique Itab-Grab, AVIGNON 4 p.
- 20** - BIRD A. and WALLACE H., 1966 - The influence of temperature on *Meloidogyne hapla* and *Meloidogyne javanica*. *Nématologica*, 11 : 581-589.
- 21** - BLANCHARD A., 1988 - Maladies de la tomate. Observer, identifier, lutter. *Rev. Horticole, Inst. nati. rech. agro., Paris*, 605 p.
- 22** - BLANCHARD A. et LIMACHE F., 2005 - *Les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN)*. Rapport bibliographique, Dipl. agro. Approf. (D.A.A), Protection des plantes et environnement, ENSAM, ENSAR - INA P-G. (Paris-Grignan), 13 p.
- 23** - BUYCK B., 1986 - Première contribution à un inventaire des champignons nématophages en Belgique. *Mycologia Belgica*, 9 : 27 - 36.
- 24** - CADET P., 1998 - Gestion écologique des nématodes phytoparasites tropicaux. Fonds documentaires Orstom. *Cahiers agricultures*, 7 : 187-194.
- 25** - CADET P., BOIS J.F., CHOTTE J.-L., DUPONNOIS R., N'DIAYE-FAYE ND., FLORET Ch., FOULD S., MANLAY R., MASSE D., MATEILLE T., NORMAND Ph., PATE E., PLENCHETTE Ch., THIOULOUSE J., VILLENAVE C. et FARDOUX J., 2000 - Recherche de méthodes de gestion des peuplements de nématodes phytoparasites par les facteurs du sol en zone soudano-sahélienne au Sénégal. *Etude et gestion des sols, (n°. spéc.)* : 261 - 270.

- 26** - CARTILE N.J. and WATKINSON S.C., 1994 - *The fungi*. Academy Press, New-York, 205 p.
- 27** - CASTAGNONE – SERENO P., 2002 a - Understanding the genetical and molecular basis of a virulence in the root knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Rev. nematol. Vol. 4* (2) : 147 - 152.
- 28** - CASTAGNONE – SERENO P., 2002 b - Genetic variability of nematodes: threat to the durability of plant resistant genes. *Euphytica*, 124 : 193-199.
- 29** - CASTAGNONE-SERENO P., KREMARREC A., CLAIRON M. et ANAIS A., 1988 - Effet dépressur d'un apport de boue résiduaire sur le parasitisme de *Meloidogyne incognita*. *Med. Fac. Landbouww- Rijks univ. Gent*, 53 (26) : 73-75.
- 30** - CASTILLO P., JUAN A., NAVAS-CORTE, GOMAR-TONICO D., DI VITO M., RAFAEL M. and DIAZ J., 2003 - Interactions between *Meloidogyne artiellia*, the Cereal and legume Root-Knot Nematode, and *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* race 5 in Chickpea. *Rev. Phytopathology*, 93 (12) : 1513 - 1523.
- 31** - CAYROL J.-C., 1981 - Possibilités de lutte biologique contre les *Meloidogyne* à l'aide du champignon nématophages (R-350), *Arthrobotrys irregularis*. *Rev. Def. Vég.*, 210 : 279 - 282.
- 32** - CAYROL J.-C., 1983 - Lutte biologique contre les *Meloidogyne sp.* au moyen d'*Arthrobotrys irregularis*. *Rev. Nematol.*, 6 (2) : 265 - 273.
- 33** - CAYROL J.-C. and FRANKOWSKI J.-P., 1986 - Influence of the number of parasitizing conidia of *Hirsutella rhossiliensis* on the mortality of *Ditylenchus dipsaci*. *Rev. Nématol.*, 9 : 411 - 412.
- 34** – CAYROL J.-C., DJIAN-CAPORALINO C. and PIJAROWSKI L., 1989 – Study of the nematocidal properties of the culture filtrate of the nematophagous fungi *Paecylomyces lilacinus*. *Rev. Nematol.*, 12 (4) : 331 - 336.
- 35** - CAYROL J.-C., DJIAN CAPORALINO C. et MATTEI P., 1992 - La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. *Rev. Hort.*, 287 : 36 - 37.
- 36** - CAYROL J.-C., VELASQUEZ-DOMINGUEZ M. et LEVAUX P., 1981 - Etude préliminaire sur les possibilités d'utilisation des Champignons parasites comme agents de lutte biologique. *Bull. OEPP*, 12 (4) : 497 - 503.
- 37** - CAYROL J.-C., FRANKOWSKI J.-P., LANIECE A., D'HARDEMARE G. et TALON J.-P., 1978 - Contre les nématodes en champignonnière: mise au point d'une méthode de lutte biologique à l'aide d'un Hyphomycète prédateur: *Arthrobotrys robusta*, souche "antipolis" (Royal 300). *P.N.M. Rev. hort.*, 184 : 23 - 30.
- 38** - CENIS L., TRIANTAPHYLOU A.C. and OPPERMAN C.H., 1992 - Cytogenetic, enzymatic and restriction fragment length polymorphisme variation of *Meloidogyne sp.* from Spain. *Phytopathology*, 82: 527 - 531.

- 39** - CHABRIER C., CARLES C., DESROSIERS C., QUÉNÉHERVÉ P. and CABIDOUCHE Y-M., 2009 - Nematode dispersion by runoff water: Case study of *Radopholus similis* (Cobb) Thorne on nitisol under humid tropical conditions. *Applied Soil Ecology*, 41 : 148 - 156
- 40** - CHAUSSOD R. et Coll. 2007 - Les sols viticoles : biologie et gestion durable. *Viticulture durable et environnement, station régio. I.t.v., Midi-Pyrénées*, : 24 - 27.
- 41** - CHAUX C. et FOURY C., 1999 - *Productions légumières. Techniques et documentations*. Ed. Lavoisier, Paris, T. 3, 563 p.
- 42** - CHERAFA S. 2004 - *Etude de l'infestation de la tomate par les nématodes à galles (Nematoda, Meloidogynidae). Evaluation de la mycoflore prédatrice et parasite en fonction des nématicides utilisés*. Mémoire Ingénieur, Inst. nat. agro., El Harrach, 88 p.
- 43** - COMONDON J. et De FONBRUNE P., 1938 - Recherches sur les champignons prédateurs de nématodes du sol. Conditions de formation des organes de capture. *C.R. hebdomadaire des Séances Acad. Sci. Paris*, 129 : 619 - 625.
- 44** - COMONDON J. et De FONBRUNE P., 1939 - De la formation et du fonctionnement des pièges de champignons prédateurs de nématodes. Recherches effectuées à l'aide de la micromanipulation et de la cinématographie. *C.R. hebdomadaire des Séances Acad. Sci. Paris*, 208 : 304 - 305.
- 45** - COOKE R.C., 1969 - Two nematodes trapping species of *Dactylella*, *Monacrosporium*. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 48 : 621 - 629.
- 46** - COOKE R.C. and GODFREY B.E.S., 1964 - Nematodes fungi. *Rev. Mycological Society*, : 63 - 72.
- 47** - DALMASSO A., CARDIN M.C., POCHARD E. et DAUNAY M.C., 1985 - Pouvoir pathogène des nématodes *Meloidogyne* et génétique de la résistance chez quelques Solanacées maraîchères. *C. R. Acad. Agric. France*, 7 : 771 - 779.
- 48** - DAS-GUPTA S.N., SHOME U. and SHOME K., (1964). Preliminary report on predacious fungi in India. *Curr., Sci.*, 33 : 380 - 381.
- 49** - De GUIRAN G., 1983 - *Les nématodes parasites des cultures en pays tempérés*. Ed. la littorale S.A. Béziers, 42 p.
- 50** - De GUIRAN G. et DEMEURE Y., 1978 - Influence du potentiel hydrique des sols sur les masses d'œufs de *Meloidogyne incognita* (Nematoda, Meloidogynidae), *Nématologie*, 1 (2) : 119 - 134.
- 51** - DEMEURE Y. et NETSCHER C., 1973 - Méthode d'estimation des populations de *Meloidogyne* dans le sol. *Cah. Orstom, série. Biologie*, 21 : 85 - 90.
- 52** - DENBELDER E., 1994 - Trapping of root-knot nematodes by adhesive hyphae forming fungus *Arthrobotrys oligospora*. *Conf. Inter. Icarda, Aleppo*, 16 (21) : 16 - 25.

- 53** - DENNIS B., 1988 - *Guide des analyses courantes en pédologie. Choix-expression-présentation – interprétation*. Ed. INRA, 172 p.
- 54** - DRECHSLER C., 1937 - Some hyphomycetes that prey on free living terricolous Nematodes. *Mycologia*, 29 : 447 – 552.
- 55** - DRECHSLER C., 1950 - Several species of *Dactylella* and *Dactylaria* that capture free living Nematodes. *Mycologia*, 29 : 1 – 79.
- 56** - DOUMANDJI-MITICHE B. et DOUMANDJI S., 1993 - La lutte biologique contre les déprédateurs des cultures. Office Publ. Univ., Alger, Coll. ‘‘Le cours d’agronomie’’, 94 p.
- 57** - DUDDINGTON C.L., 1950 - Further records of british predacious fungi I. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 33 : 209 - 214.
- 58** - DUDDINGTON C.L., 1951 a - Further records of british predacious fungi II. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 34 : 194 - 209.
- 59** - DUDDINGTON C.L., 1951 b - The ecology of predacious fungi I. Preliminary survey *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 34 : 322 - 331.
- 60** - DUDDINGTON C.L., 1954 - Nematode detroying fungi in agricultural soils Nematodes. *Nature*, 173 : 500 - 501.
- 61** - EDER R., TERRETTAZ C. et KIEWNICK S., 2010 - Les nématodes de quarantaine dans les cultures maraîchères suisses. *Recherche agronomique suisse*, 1 (9) : 340 - 345.
- 62** - EISENBACK J.D, 1982 - Morphological comparaision of head shap and stylet morphology of second stage juveniles of *Meloidogyne species*. *Journal of Nematology*, 14 : 339-343.
- 63** - EISENBACK J.D., HIRSCHMANN H., SASSER J.N. and TRIANTAPHYLLOU A.S., 1981 - *A guide to the four most common species of root knot nematodes (Meloidogyne sp.) with apictorial key*. Publ. Dep. of Plant Path. and Genet., NN. State Univ., 48 p.
- 64** - El MEHRACH K., SEDIGUI M., HATIMI A., TAHROUCH S., ARIFI A., CZOSNEK H and MAWELI D. P., 2007 - Detection of Mi-1,2 gene of resistance to root-knot nematode in tomato-breeding fines developed for resistance to *Begomovirus* in Morocco. *Acta Bot. Gallica*, 154 (4) : 503 - 509.
- 65** - ESTEY R.H. and OLTOFF TH.M.A., 1965 - The occurrence of nematophagous fungi in Quebec. *Phytoprotection*, 46 : 14 - 17.
- 66** - FEDER W.A., 1962 - Nematophagous fungi recovered around Highlands, North Carolina. *Plant. Dis. Rep.*, 46 : 872 – 883.
- 67** – FERRIS H. and VAN GUNDY S.D., 1979 – *Meloidogyne* ecology and host interrelationships. In: Lamberty et Taylor (eds) Root-Knot nematodes (*Meloidogyne species*); systematic biology and control. Acad. Press, London, 205 – 230.

- 68** - FOWLER M.A., 1970 - New Zeland predacious fungi. *N. Z. J. Bot.*, 8 : 283 - 302.
- 69** - GASPARD J.T. and MANKAU R., 1986 - Nematophagous fungi associated with *Tylenchulus semipenetrans* and the citrus rhizosphere. *Nematologica*. Vol. 32 (3) : 359 - 362.
- 70** - GAUR H.S., and MEHER H.C., 1995 - Integrated control of plant parasitic nematodes in tomato with nurse bed and field application of a nematode, fertilizer and organic mater. *Rev. Nematol.* Vol. 64 (2) : 43 - 97.
- 71** - GOMES CARNEIRO R.M.D. and CAYROI J.C., 1981 - Relationship between inoculums density of the nematophagous fungus *Paecylomyces lilacinus* and control of *Meloidogyne arenaria*. *Rev. Nematol.*, 14 (4) : 629 - 634.
- 72** - GOORIS J. et D'HERDE C.J., 1972 - Mode d'hivernage de *Meloidogyne naasi* Franklin dans le sol et lutte par rotation culturale. *Rev. l'Agric., Bruxelles*, 25: 659-664.
- 73** - GORLENKO M.V., 1956 - Predatory fungi and their utilisation in nematode control. *Nematologica*, 1 : 39 - 42.
- 74** - GOSWANI B.K., SING S. and OLIA M., 1998 - Management of root-knot nematodes infecting tomato through combination of fungal bio-agent. *Proceedings of the Nat. Symp. On rational approaches in nematode management for soutainable agriculture. Nematological Society of India. Gujarat Agricultural University, Gujarat, India*, 18 p.
- 75** - GRAY N.F., 1985 - Ecology of nematophagous fungi: distribution and habitats. *Rev. Ann. Biol.*, 102 : 501 - 509.
- 76** - HAMMACHE M., 1994 - *Etude préliminaire de quelques aspects de la lutte biologique contre les Meloidogyne sous-serres en Algérie*. Thèse Magister, Inst. nati. agro. El Harrach, 66 p.
- 77** - HARI S., GAUR J. B. and PERRY R.N., 2000 - The influence of root diffusate, host age and water regimes on hatching of the root-knot nematode, *Meloidogyne triticoryzae*. *Nematology*, 2 (2) : 191 - 199.
- 78** - HENIN S., 1969 - *Le profil cultural – l'état physique du sol et ses conséquences agronomiques*. Ed. Masson et Cie, Paris, 332 p.
- 79** - IBRAHIM A.A.M., 1995 - Effect of cadusaphos, *Peacylomyces lilacinus* and Nemout R on reproduction and damage potentiel of *Meloidogyne javanica*. *Rev. Nematol.* 3 (14) : 335 - 344.
- 80** - IBRAHIM S.K., 1991 - Peroxydase isoenzymes from *Meloidogyne spp.* cultured on different hosts. *Rev. Nematol.*, 3 (14) : 335 - 344.
- 81** - INSERA R.N., GRIFFIN G.D. and SIMON D.V., 1984 - Effects of temperature and root leachates on embryogenetic development and hatching of *Meloidogyne chitwoodi* and *Meloidogyne hapla*. *J. nematololy*, 15 (2) : 123 - 127.

- 82** - JAIN R.K. and GUPTA D.C., 1995 - Pathogenic behaviour of root knot nematodes (*Meloidogyne spp.*) on a few resistant genotypes of tomato. *Rev. Nematol.*, 64 (2) : 43-97.
- 83** - JANVIER C., 2007 - *Recherche d'indicateurs de la santé des sols*. Thèse Doctorat, Inst. nati. agro. Paris-Grignon, 217 p.
- 84** - PROT J.C., 1979 - Horizontal migrations of seconde-stage juveniles of *Meloidogyne javanica* in sand in concentration gradients of salts in a moisture gradient. *Rev. Nématol.* 2 (1) : 17 - 21.
- 85** - KAIDI N., 2005 - *Etude préliminaire des champignons parasites et prédateurs de nématodes à galles (Meloidogyne) et des nématodes à kystes des céréales (Heterodera)*. Thèse Ingénieur, Inst. nati. agro., El Harrach, 77 p.
- 86** - KERRY B.R., 1988 - Two microorganisms for the biological control of plant parasitic nematodes. *Pest and diseases, Crop Prot.Conf.* : 603 - 607.
- 87** - KERRY B.R., 1992 - Commande biologique des nématodes: perspectives et occasions. *Rev. Nematol.*, Vol. 30 (1) : 172 - 178.
- 88** - KIMENJU J.W., KARANJA N.K. and MACHARIA I., 1999 - Plant parasitic nematodes with common bean in Kenya and the effect of *Meloidogyne* infection on bean nodulation. *African Crop Science Journal*, 7 (4) : 503 - 510.
- 89** - LIANG L., MENG Z., YE F. YANG J., LIU S., GUO Y., MI Q., HUANG X., ZOU C., RAO Z., LOU Z. and ZHANG K.-O., 2009 - The crystal structures of two cuticle-degrading proteases from nematophagous fungi and their contribution to infection against nematodes. *Faseb Journal*,: 1391 - 1400.
- 90** - LINDHOUT P., 2002 - The perspectives of polygenic resistance in breeding for durable disease resistance. *Euphytica*, **124** : 217 – 226.
- 91** - LOPEZ T., 2000 - Emploi d'un nouveau nématicide biologique pour la protection racinaire du bananier plantain (*Musa AAB*) multiplié par miropropagation. *Rev. Info musa*, 9 (2) : 8 - 9.
- 92** - MACKENZIE D.W.R., 1960 - Predacious fungi in Edinburgh district. *Proc. bot. Soc. Edinburg*, 39 : 35 - 45.
- 93** - MADULU J. and TURGILL D., 1994 - Temperature on the developpement and survival of *M. javanica*. *Nematologica*, 40 : 230 - 243.
- 94** - MANKAU R., 1980 - Biocontrol : Fungi as Nematode control agents. *J. Nematol.*, 12 (4) : 244 - 252.
- 95** - McDONALD B. A. and LINDE C. 2002 - The population genetics of plant pathogens and breeding strategies for durable resistance. *Euphytica*, **124** : 163–180.

- 96** - MOKABLI A., 1988 - *Les principaux facteurs qui déterminent l'importance et l'agressivité des Meloidogyne sous abris-serres en Algérie*. Thèse Magister, Inst. nati. agro., El Harrach, 69 p.
- 97** - MORTON O.C., HIRSCH P.R. and KERRY B.R., 2004 - Infection of plant-parasitic nematodes by nematophagous fungi-areview of the application of molecular biology to understand infection processes and to improve biological control. *Nematology*, 6 (2) : 161 - 170.
- 98** - NETSCHER C., 1967 - *Les nematodes du genre Meloidogyne parasites des cultures maraichères en Afrique Occidentale*. Ed. Organisme Rech sci. Techn. Outre-mer, A/668, : 673 - 675.
- 99** - NETSCHER C., 1970 - Les nématodes parasites des cultures maraichères du Sénégal. *Cah. Orstom, Sér. Biol.*, 11 : 209 - 229.
- 100** - NETSCHER C. and SIKORA A., 1990 - *Nematodes parasites of vegetables. in: Plant parasitic nematode in tropical and subtropical agriculture*. Ed. Luc M., Sikora et Bridge, CAB International, Wallingford, 237 - 283.
- 101** - NIKS E. and RUBIALES D. 2002 - Potentially durable resistance mechanisms in plants to specialised fungal pathogens. *Euphytica*, **124** : 201–216.
- 102** - OPERMAN C. and CONKILING M.A., 1994 - Nematode-induced plant gene expression and related control strategies. *Fundamental and Applied Nematology*, 17 (3) : 211 - 217.
- 103** - OUDEMANS C.A.J.A., 1885 - Aarwinsten voor de flora mycologia van Nederland. 9-10. *Ned Krnidk. Arch. Ser. 2* : 203 - 278.
- 104** - PARLEVLIET JE., 2002 - Durability of resistance against fungal, bacterial and viral pathogens; present situation. *Euphytica*, **124** : 147 – 156.
- 105** - PELOILLE M., 1979 - Etude des Hyphomycètes prédateurs de nématodes d'une prairie du Limousin. *Entomophaga*, 26 (1) : 91 - 98.
- 106** - PELOILLE M., 1981 - Etude des Hyphomycètes prédateurs de nématodes rencontrés dans une prairie du Limousin : Morphologie-Physiologie-Fréquence et Distribution. *Agronomie*, 1 (4) : 331 – 337.
- 107** - PHILLIP J., 2001 - Nematophagous fungi. Guide of fungi. : 1-2.
- 108** - PINK DAC., 2002 - Strategies using genes for non-durable disease resistance. *Euphytica*, **124** : 227 – 236.
- 109** - PROT J.C., 1984 - A naturally occurring resistance breaking biotope of *Meloidogyne arenaria* on tomato. Reproduction and pathogenicity on tomato. Cultivars Roma and Rossal. *Rev. nemat*, 7, *Orstom*, , Dakar : 23 - 28.

- 110** - QUENHERVE P., VAN DEN BERG E., TOPART P. et HOSTACHY B., 1997 - Analyse écologique de la spécificité parasitaire des nématodes phytoparasites associés à quelques plantes ornementales cultivées à la Martinique. *Nematologica*, 43 (2) : 214 - 227.
- 111** - RAMMAH A. and HIRSCHMANN H., 1988 - *Meloidogyne mayagensis* n. sp. (*Meloidogynidae*) a root knot nematode from Puerto Rico. *Journ. Nematol.* 20 (1) : 58 - 69.
- 112** - REDDY P.P., 1983 - *Plant nematology*. Agric. Publ. Acad., New Delhi, 287 p.
- 113** - REVERSAT G., 1988 - Implication des nématodes phytoparasites dans le concept de la fatigue des sols. Fonds Documentaire ORSTOM.: 123-139.
- 114** - RIFAI M.A. and COOKE R.C., 1966 - Studies on some didymosporous genera of nematodes trapping hyphomycetes. *Trans Br. Mycol. Soc.*, 49 : 147 - 168.
- 115** - RITTER M., 1971 - Cycle de développement de *Meloidogyne*. *O.E.P.P., Bull.*, 9 : 53 - 59.
- 116** - RITTER M., 1972 - Rôle économique et importance des *Meloidogyne* en Europe et dans le bassin Méditerranéen. *OEPP/EPPO- Bull.*, 6 : 17 - 22.
- 117** - ROHINI M., EKANAYAKE K and DIVITO M., 1984 - Response on line and varieties of tomato to root-knot nematode, Oriffection. *Nematol. Med.*, 12 : 207 - 212.
- 118** - ROULLER I. et GUILLET B., 1979 - *La granulométrie. In constituants et propriétés du sol*. Ed. Masson, Paris, T. 2 : 227 – 233.
- 119** - SABRI K., 2008 - *Variation de la mycoflore parasite et prédatrice des nématodes à galles (Meloidogyne sp.) en fonction de quelques paramètres des sols*. Thèse Magister, Ecole natio.sup. agro., EL Harrach, 83 p.
- 120** - SACCARDO P.A., 1880 - *Dactylaria purpurella*. *Michelia*, 2, 20 p.
- 121** - SACHCHIDAMANDA J. and SWARUP G., 1966 - Nematophagous fungi of agricultural soils. *Mycopath. Mycol. Appl.*, 43 : 235 - 245.
- 122** - SACHCHIDAMANDA J. and SWARUP G., 1967 - Additional nematophagous fungi from Delhi soils. *Curr. Sci.*, 24 : 677 - 678.
- 123** - SASSER J.N., 1989 - Plant parasitic nematodes: the farmer's hidden enemy. A Cooperative Publication of the Department of Plant Pathology and the Consortium for International Crop protection. North Carolina State University, 115 p.
- 124** - SCOTTO LA MASSESE C., 1989 - Les problèmes posés par les nématodes phytophages à l'amandier. INRA.-Antibes. *Options Méditerranéennes-Série Séminaires*, 5 : 33 - 38.
- 125** - SEGERS R., BUTT T., KERRY B. and PEBERDY J. F., 1994 - The nematophagous fungus *Verticillium chalydosporium* produces a chymoelastase-like protease which hydrolyses host nematode proteins in situ. *Microbiology*, 140 : 2715 - 2723.

- 126** - SEMBLAT J.-P. and CASTAGNONE-SERENO P., 2001 - Lack of correlation between (a) virulence and phylogenetic relationships in root-knot nematodes (*Meloidogyne spp.*). Colloque national BRG/Conservatoire du patrimoine biologique régional de Midi-Pyrénées, Toulouse, 33 : 47 - 57.
- 127** - SHEPERD A.M., 1961 - Nematode trapping fungi in Danish agricultural soil. *Horticultura*, 15 : 94 - 96.
- 128** - SHERBER C., 1995 - Champignons carnivores - Vue d'ensemble des espèces. *Rev. Das Taublat*, 33 : 1 - 2.
- 129** - SIDDIQUI Z.A. and MAHMOUD I., 1995 - Management of *Meloidogyne incognita* race 3 and *Macrophomina phaseolina* by fungus culture filtrates and *Bacillus subtilis* on chickpea. *Fundamental and Applied Nematology*, 18 (1) : 71 - 76.
- 130** - SOPRUNOV F.F., 1953 - Application in predacious fungi in the protection of plantes against phytonematodes. *Izv. Akad. Nauk. TSSR*, 1 : 80 - 81.
- 131** - SOPRUNOV F.F. et GALIULINA Z. F., (1951). Hyphomycètes prédateurs des sols du Turkmenistan. *Mikobiologia*, 20 : 489 - 499.
- 132** - STIRLING G.R. and MANKAU R., 1979 - Mode of parasitism of *Meloidogyne* and other Nematode eggs by *Dactylella oviparasitica*. *J. Nematol.*, 11 (3) : 282 - 288.
- 133** - STUTHMAN DD. 2002 - Contribution of durable disease resistance to sustainable agriculture. *Euphytica*, **124** : 253 - 258.
- 134** - TAN-HAN-KWANG B.S., 1966 - *Nematophagous fungi from western Australia*. M. Sc. Thesis University of Western Australia, 249 p.
- 135** - TIETZ J., 2001 - *Des champignons têtes de pont de l'agriculture biologique*. Ed. G.V.O.M., Costa Rica, 4 p.
- 136** - TOLMSOFF W.J., 1959 - The isolation of nematode trapping fungi from Oregon soils. *Phytopathology*, 49 : 113 - 114.
- 137** - TRIANTAPHYLLOU A.C., 1993 - Hermaphroditism in *Meloidogyne hapla*. *Rev. Nematologica*, 40 : 230 - 243.
- 138** - VEDIE H. et AISSA MADANI C., 2009 - Quelles plantes insérées dans les rotations pour diminuer les populations de nématodes à galles. *Bull. Inform. maraîch. G.r.a.b.*, dossier spéc. Nématodes galles, 58 : 1 - 4.
- 139** - VERONA O. e LEPIDI A.A., 1970 - Primi reperti sulla presenza di micromiceti predatori di nematodi in alcuni terreni italiani. *Agric. Ital.*, 70 : 217 - 225.
- 140** - VIRAT M. 1977 - Sur deux hyphomycètes prédateurs de nématodes isolés de prairie et notes sur les genres *Candelabrella* et *Duddingtonia*. *Rev. Mycol.*, 41 : 415 - 426.

- 141** - VOLVAS N., LUCARELLI G., SASANETTI N., TROCCOLI A., PAPAJOVA I., PALOMARES R., JUAN E. and CASTILLO P., 2008 - Pathogenicity and host-parasite relationships of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on celery. *Review Plant Pathology*, 57 (5) : 981 - 987.
- 142** - VORONINE M., 1864 - In De Bary : Beitrage Zur Morphologie und Physiologie der Pilze. Frankfort sur le Main. 29 p.
- 143** - WALLACE H.R., 1966 – *Nematologica*. In : *Plant parasitic nematode*, morphologie, anatomie, taxonomie, *ecology*. Ed. Acad. Press. London, 1, 345 p.
- 144** - WALLACE H.R., 1968 - *Annual revue biologique*. In : *Plant parasitic nematode*. Ed. Acad. Press. London, 1, 345 p.
- 145** - WEHNER T.C., WATERS S.A. and BARKER K.R., 1993 - Correlation of shoot Weight with root galling in *Cucumis spp.* inoculated with root-knot nematodes. *Lab. Nematol., Inst. nati. agro., Tunis*, : 12 - 14.
- 146** - WOOD F.H., 1973 - Nematode trapping fungi from a tussock grassland in New Zeland. *N.-Z. J. Bot.*, 11 : 231 - 240.
- 148** - ZDAVKOVIC J., MARKOVIC Z., ZDRAVKOVIC M., STANKOVIC L.J., MILADINOVIC Z. et COROKALO D., 1995 - New F1 tomato hybrids of large fruits for fresh maked production. *Rev. Nematol.*, 64 (3) : 101 - 160.
- 149** – ZOPF W., 1888 - Zur kenntniss der infekitions-krankheiten niederer Tiere und Pflanzen. *Nova. Acta. Acad. Caesar. Leop. Carol*, 52 : 314 - 376.

## ملخص

**الموضوع** "دراسة بيولوجيا الديدان الخيطية من جنس (الديدان الدرنية) . محاولة تحسين المقاومة باستعمال طرق المقاومة الزراعية".

تعتبر الديدان الخيطية من جنس (الديدان الدرنية) من أخطر الآفات على زراعة الخضراوات الباكورية و غير الباكورية , في البيوت المحمية و غيرها. قد تكون الخسائر كبيرة اذا لم تؤخذ بعين الاعتبار كل الوسائل لمقاومتها. أدرجنا في عملنا هذا سبل معرفة الديدان الخيطية على مستوى الحقل و المخبر. قمنا أولاً بتحديد الأنواع المتواجدة بالمناطق المدروسة من برج الكيفان الى سطوالى حتى تيبازة. كان التحديد لهذه الأنواع مركزاً على تشريح المناطق الخلفية لاينات الديدان و التي تعتبر من أهم المؤشرات لتحديدها. سمحت لنا المقاطع التي أجريت على 40 أنثى مع معاينتها تحت المجهر من تحديد 03 أنواع و هي

*Meloidogyne incognita* Kofoid & White, 1919 *Meloidogyne*

*javanica* Treub, 1885 و *Meloidogyne arenaria* Chitwood, 1949

ان الاولى هي الأكثر تواجدا (65 بالمائة) تليها الثانية (25 بالمائة) ثم الثالثة على التوالي (10 بالمائة) و التي تعتبر من الديدان الخيطية الخاصة بالواحات الصحراوية. تمكنا من تحديد درجة تكاثر هذه الديدان بحساب البيوض الموجودة في الكتل الهلامية. اعطى هذا الحساب تصنيفا من عدة اقسام من واحد الى عشرة حيث يبدأ القسم الأول من 1 بيضة الى 100 الى ان يصل الى القسم الذي تصل فيه الأياضة الى 801 الى 900. ان دراستنا لبيولوجيا هذه الديدان بينت لنا ان 50 كتلة بيضيه تحت تأثير درجة حرارة 25 ° م + - 1 في المخبر اعطت لنا عدة أقسام متباينة فيما بينها. عدد الأقسام كان عشرة و ان الفقس تدريجيا و يعود السبب في ذلك الى تأثير الوسط من رطوبة و حرارة الى الأفرات النباتية عن طريق الجذور و قد تكون أيضا تحت تأثير الوسط الذي توجد فيه بشكل مفاجئ. قمنا أيضا بتحديد مسار هذه الديدان في الأتربة المختلفة من رملية الى ضحلية طينية و تربة طينية ضحلية. تمكنا من متابعة هذه الديدان في أصص بها تراب معقم من أنواع هذه الأتربة مع زراعة نبات الشام الحساس لهذه الديدان و بعملية حقن 650 يرقة من الطور الثاني لكل نبات. بعد المعاينة و المراقبة لمدة 03 أشهر , تبين أن لهذه الديدان قابلية التطور و التكاثر في الأتربة الثلاثة و المخصصة لهذه التجربة. أظهرت الملاحظات كلها ان العوامل المتعلقة بالتربة من الأح معدنية و مواد عضوية و درجة حموضة التربة و نوعيتها. كل هذه العوامل كانت عاملا في تكاثر الديدان مع حركتها أفقيا و عوديا حتى تحدث على نبات الشام درنات جذرية مكنتنا من حسابها و تحديد درجة اصابتها. في محاولة لمقاومة هذه الديدان قمنا باختبار العديد من الأصناف النباتية المزروعة في الجزائر من أنواع القرعيات مقارنة مع نبات البندورة (الطماطم) بحقنها ب 3000 يرقة من الطور الثاني و هذا في اصص بها اتربة معقمة لتحديد درجة مقاومة هذه الأصناف بعد 3 الى 4 أشهر من تطورها في بيت بلاستيكي مع ظروف مخبريه مراقبة (رطوبة, حرارة و تهوية). أثبتت النتائج حقيقة أن القرعيات من أكثر النباتات عرضة للإصابة بهذه الديدان مقارنة مع أنوا البندورة. وجدنا أن الاصابة كانت متفاوتة على كل الأنواع. التجربة الثانية كانت فيها المقارنة تشمل البندورة مع الفلفل. وصلت عملية حقن اليرقات من الطور الثاني لهذه الديدان الى 6000 للأصيص الواحد و هذا في بيت محمي مراقب. أظهرت النتائج فعلا أن البندورة تشغل الحيز الوسط في مقاومتها للديدان من جنس ( ) و أن أنواع الفلفل لها من امكانية مقاومة الديدان ما يجعلها في الرتبة الأولى فيما يخص هذا الجانب. على هذا الأساس , يمكن ادراج برنامج زراعة الخضراوات و الذي يعتمد على هذه الخصوصيات لكل الأنواع لتفادي تطور الديدان ثم تطور الاصابة أو تفادي ظهور جنس مقاوم قد تكون خسائره كبيرة. بالنسبة لمضوع تطور الفطريات العدوة للديدان الدرنية. قمنا بعملية حصرها على مستوى منطقتي سطوالى و برج الكيفان و على عمق 10. 20 و 30 سم. أخذنا بعين الاعتبار الأتربة التي استعملت بها الأدوية الكيماوية القاتلة للديدان منه (اتوبروفوس , كدوزافوس و فميغان). كانت النتائج قد أظهرت وجود 11 نوعا و جنسا واحدا. قارنا هذه المناطق فكانت الأنواع المحدودة تتواجد في المنطقتين. كانت المقارنة بين الأتربة المداوة و غير المداوة. كانت النتائج متباينة و لكن ليست بالدرجة التي كنا نتوقعها. وجدنا المبرر لهذه هو استعمال المواد العضوية الطبيعية بشكل كبير في كل الحالات في كلتي المنطقتين. في الشق الأخير لهذا العمل , قمنا بتحديد عدة طرق لمقاومة الديدان الدرنية نخص بالذكر منها الأصناف المقاومة من بندورة (دونا), ثم النباتات السامة للديدان (نبات القرنفل الهندي), استعمال التسخين الشمسي (باستعمال البلاستيك) ثم نغطي به الأرض لمدة أطول و استعمال المواد الكيماوية. أظهرت النتائج نجاعة استعمال الأصناف المقاومة مع النبات السام (القرنفل الهندي) مع المادة الكيماوية السامة (فيميجان) مقارنة مع التسخين البلاستيكي المعرض للشمس و المادة الثانية و المسماة ب (اتوبروفوس).

الكلمات المفتاح .

الديدان الخيطية الدرنية, ملودوجين , م. اكونييتا , م. أريناريا , م. جفانيكا , خصوبة الإناث , الفقس , أنواع التربة , المادة العضوية , مقاومة الأصناف , البندورة , البادنجانيات , القرعيات , الفطريات الأكلة و المتطفلة على الديدان الخيطية.

**Thème : Bioécologie des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* sous serres en Algérie. Amélioration des méthodes de lutte par la résistance culturale.**

Résumé :

Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* sont considérés comme les ennemis les plus redoutables des cultures maraîchères sous serres et en plein champ. Les pertes peuvent être considérables si les mesures nécessaires pour lutter efficacement contre ces ravageurs ne sont pas prises en considération. Ce travail est entrepris pour mieux connaître ces nématodes sur le terrain et au laboratoire. Il est mis en évidence l'existence de trois espèces de *Meloidogyne* en se basant sur les caractères morphologiques des figures périnéales (pattern) au niveau de la partie postérieure en disséquant 40 femelles. Il s'agit de *Meloidogyne incognita*, de *M. arenaria* et de *M. javanica*. La première espèce est dominante (A.R. % = 65 %) devant *M. arenaria* (25 %) et *M. javanica* (10 %). *M. javanica* est une espèce beaucoup plus thermophile qui peut fréquenter les oasis. Les mensurations ayant porté sur la longueur et la largeur des œufs, la longueur et la largeur des juvéniles infestantes ainsi que sur la longueur et la largeur des femelles et la longueur du cou, comme caractères d'identification n'ont pas donné de différence significative. Statistiquement, il y a un chevauchement entre les différentes mensurations obtenues pour les trois espèces. L'étude de la fécondité a permis de hiérarchiser les *Meloidogyne* en 9 classes de ponte allant de 0 à 100 œufs pour la 1<sup>ère</sup> jusqu'à 801 à 900 œufs par femelle pour la 9<sup>ème</sup>. L'étude de l'éclosion en fonction de la température de  $25 \pm 1$  °C a donné des classes d'éclosion se situant entre 0 à 5 larves de deuxième stade (J2) (30 %), 6 à 10 J2 (22 %), 11 à 15 J2 (16 %) et la dernière classe de 90 à 95 J2 avec 2 %. L'effet des types de sol sur le comportement des *Meloidogyne* est étudié par un essai en pots avec le sol sableux (S), le sol argilo-limoneux (A.L.) et le sol sablon-limoneux (S.L.). Les observations sur le comportement des *Meloidogyne* à travers ces sols ont montré les possibilités de développement des nématodes à galles sur les différents sols. Ils se développent même dans les sols argilo-limoneux. L'utilisation des variétés résistantes peut être envisagée dans un programme de lutte raisonnée ou intégrée. Le premier essai est réalisé avec un inoculum de 3.000 J2 par pot pour étudier ce phénomène. Les variétés de tomate combinées avec celles des Cucurbitacées ont montré une différence significative entre les Solanacées et les Cucurbitacées. La sensibilité des variétés étudiées est bien remarquée au niveau des Cucurbitacées que les Solanacées. Leur indice de galles est de 0,5 pour neptune et de 0,6 pour narita, ceux du melon charantais et du concombre marketer sont supérieurs à 3,5. Le deuxième essai portant sur la comparaison entre les variétés de tomate dona et fandango avec celles des piments poivrons lipari et esterel fait ressortir réellement la position intermédiaire de la tomate du point de vue sensibilité aux *Meloidogyne*. Pour ce qui concerne les complexes nématodes – parasites et prédateurs, les recherches sur la microflore ont montré la présence d'une gamme de champignons utile non négligeable. Onze espèces inventoriées dont un genre sont étudiés en fonction de la rhizosphère et sont répartis dans trois couches. L'espèce dominante dans les régions de Bordj El Kiffan et de Staoueli est *Arthrobotrys musiformis* au niveau des trois profondeurs étudiées. Les traitements nématicides avec Ethprophos, Cadusaphos et le D. fumigant ont eu un effet sur cette diversité biologique mais la comparaison avec les sols témoins n'a pas donné de différence significative. Il semble que l'apport de matière organique sous forme de fumier de ferme contribue au maintien des ces champignons dans les sols pour recoloniser la rhizosphère en cas d'une infestation par les nématodes.

Les travaux de lutte ont porté sur l'utilisation de variété résistante, la solarisation, la plante nématicide (tagette) et la lutte chimique avec l'Ethoprophos et le D. fumigant. L'essai a eu lieu dans deux serres infestées par les *Meloidogyne* répartis en blocs aléatoires séparés par un film plastique à un mètre de profondeur. Les résultats obtenus permettent de dire que les trois méthodes ; variété résistante, plante nématicide avec la tagette et le D. fumigant sont meilleurs par rapport à la solarisation et l'Ethoprophos. La solarisation à elle seule ne peut donner de résultats escomptés que si elle est associée à un nématicide. Il faut retenir que ces méthodes de lutte s'inscrivent dans un programme de lutte raisonnée ou intégrée.

Mots clefs :

Nématodes à galles, *Meloidogyne*, *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*, Fécondité, Ecllosion , Types de sols, Matière organique, Résistance variétale, Tomate, Solanacées, Cucurbitacées, Champignons nématophages et parasites et Lutte.

**Theme: Bio-ecology of root-knot nematode *Meloidogyne* in greenhouses in Algeria. Improved methods of cultivation by the resistance struggle.**

Abstract:

Root-knot nematode *Meloidogyne* are considered the most formidable enemy of vegetable crops in greenhouses and open field. Losses can be significant if we do not take into account the necessary measures to effectively fight against these pests. We undertook this study to better understand these nematodes on field and laboratory. We were able to demonstrate the existence of three *Meloidogyne* species based on morphological characters of the figures perineal (pattern) at the back by dissecting 40 females. This is *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria* and of *M. javanica*. The first species is the most dominant with (65%) and *M. javanica* (25%) and late *M. arenaria* (10%). *M. javanica* is a species much more thermophilic who can attend the oases. The measurements have focused on the length and width of eggs, the length and width of infective juveniles and the length and width and along the stroke length of females as identification characters did not difference significant. Statistically, there's a overlap between the different measurements obtained for the three species combined. The study of fertility enabled us to classify the nine classes in *Meloidogyne* egg from 0 to 100 for the ninth 801 to 900 eggs per female. The study of the outbreak based on the temperature of  $25 \pm 1$  ° C gave birth classes ranging from 0-5 J2 (30%), 6 to 10 J2 (22%), 11 to 15 J2 (16%) and the lowest class of 90 to 95 j2 with 2 %. The effect of soil types on the behavior of *Meloidogyne* was studied by a pot experiment with soil (S) sandy soil (AL) and clay loam soil (SL) sablono loam. Observations on the behavior of *Meloidogyne* through these soils have shown the possibilities of development of root-knot nematodes on different soil. They indeed develop even on clay loam soils. The use of resistant varieties can be seen in a program or integrated pest management. The first test is performed with an inoculum of 3000 J2 per pot to study this phenomenon. The tomato varieties combined with those of Cucurbitaceae showed a significant difference between the Solanaceae and Cucurbitaceae. The sensitivity of the studied varieties is noticed at the Solanaceae cucurbits. Their gall index is 0.5 and 0.6 for Neptune narita, the melon and cucumber charantais marketer than 3.5 . The second trial involving the comparison between tomato varieties and donor fandango with those of chillies and peppers lipari esterel really brings out the intermediate position of the tomato in terms of susceptibility to *Meloidogyne*. Complex on nematodes - parasites and predators, research on the microflora showed the presence of a range of useful mushrooms significant. Eleven species inventoried with a (kind) are studied in terms of the rhizosphere over three layers. The most dominant regions of Bordj El Kiffan and Staoueli is *Arthrobotrys musiformis* on the three depths studied. The nematicide treatments; Ethrophos, cadusaphos and D. fumigant have had an effect on the biodiversity, but the comparison with the no traited soils did not give a significant difference. It seems that the addition of organic matter in the form of farmyard manure contributes to the maintenance of these fungi in the soil to re-colonize the rhizosphere when a nematode infestation. The control works have focused on the use of resistant varieties, solarization, the plant nematicide (Tagette) and chemical control with Ethrophos and D. fumigant. The trial was conducted in two greenhouses infested by *Meloidogyne* distributed in random blocks separated by a plastic film to one meter deep. The results obtained allow to say that the three methods; resistant variety, plant nematicide with tagette and D. fumigant are best compared with solarization and Ethrophos. Solarization alone may not give desired results if it is associated with a nematicide. It should be noted that these control methods are part of a program or integrated pest management.

Key-words: Root-knot nematodes, *Meloidogyne*, *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*, Fecundity, Eclosion, types of soil, organic matter, varietal resistance, Tomato, Solanaceae, Cucurbitaceae, nematophagous fungi and parasites and Control.

Keywords: knot nematodes, *Meloidogyne*, *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*, Fecundity, Eclosion, types of soil, organic matter, varietal resistance, Tomato, Solanaceae, Cucurbitaceae, nematophagous fungi and parasites and Control.