

## **INFLUENCE DE QUELQUES TYPES DE SOLS ALGERIENS SUR LE DEVELOPPEMENT DES NEMATODES A GALLES ; *MELOIDOGYNE INCOGNITA*, *M. JAVANICA* ET *M. ARENARIA* (*TYLENCHIDA*, *MELOIDOGYNIDAE*)**

**Miloud Hammache**

Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, Alger 16200, Algérie  
m.hammache@ensa.dz

(Received 24 March 2010 - Accepted 17 June 2010)

### **RÉSUMÉ**

*Les cultures sous abri offrent la possibilité d'une production de légumes de haute valeur ajoutée en jouant sur la précocité. Elles permettent d'étaler les récoltes de fruits et légumes tout le long de l'année.*

*Néanmoins ces cultures sont sujettes à de nombreux bio agresseurs qui infligent de fortes pertes de rendements en quantité et en qualité. Les nématodes phytoparasites en particulier les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* sont considérés comme des ennemis redoutables de ces cultures.*

*L'étude de la multiplication de ces nématodes dans différents types de sol cultivés en melon (*Cucumis melo*) a permis de comparer la migration et le déplacement de ces nématodes dans des sols sableux considérés comme sols légers, argileux (sols lourds) et sols intermédiaires (argilo limoneux). Ces sols présentent également des taux de matière organique ainsi qu'un pourcentage de magnésium et de calcaire pouvant donner des facultés meilleures à la survie et à la migration des larves de deuxième stade inoculées à raison de 650 juvéniles par pot de 24 cm de diamètre dans lesquels nous avons repiqué des plants de melon *Cucumis melo*, variété Charentais, sensible aux *Meloidogyne*.*

*Les résultats relatifs à la multiplication de la population de *Meloidogyne*, après une période de culture de trois mois, montrent un accroissement du nombre d'œufs, de juvéniles de second et troisième stade larvaire, des femelles et des mâles dans les trois types de sol et ce quelque soit le pourcentage de la fraction d'argile c'est-à-dire même dans le sol argileux considéré parfois comme asphyxiant pour les *Meloidogyne*. Ces paramètres parasitaires, les symptômes de galles observés sur les racines et évalués par un indice de galles, et les paramètres de croissance végétale renseignent sur la capacité d'adaptation de ces nématodes dans les sols argileux, sableux et limoneux.*

*Ces résultats expliquent les observations faites in natura dans les régions du littoral et des régions du sud caractérisées par des sols sableux qui présentent les plus fortes infestations. Ils indiquent également que les régions des plaines intérieures caractérisées par des sols argileux et argilo-limoneux présentent des risques d'infestation notoires.*

**Mots clés** : types de sols, cultures sous abri, *Meloidogyne*, indice de vigueur, indice de galles, matière organique, inoculation et infestation

### ABSTRACT

*Crops under greenhouses offer the possibility of vegetables production of high added value by focusing on earliness. They help to spread the availability timing of vegetables and fruits in the market throughout the year.*

*However, these crops are subject to numerous attacks entailing heavy losses of yield quantity and quality. The plant parasitic nematodes especially rot-knot nematodes of the genus *Meloidogyne* are considered dangerous enemies of these cultures.*

*The evolution study of these nematodes in different soil types allows one to compare the migration and movement of these nematodes in sandy soils considered as light soils, in clay soils heavy and intermediate silty clay soils. These soils have also rates of organic matter and a percentage of magnesium and calcium that might provide better conditions to the survival and migration of second stage larvae inoculated at a rate of 650 juveniles per pot of 24 cm in diameter where plants of melon *Cucumis melo* var. (Charentais) known to be susceptible to *Meloidogyne* was cultivated.*

*The results for the population development of *Meloidogyne*, after a growing period of 3 months show an increase in the number of eggs, juvenile stages, inflated, swollen females and males in the 3 types of soil and that independently of clay fraction although clay soil may asphyxiate *Meloidogyne*.*

*The development of the three species of *Meloidogyne* studied in these soils, the parameters taken into consideration (index of galls, which were 1.58, 1.75 and 1.5 for the sandy clay and the middle ground soils, vigour index and the evolution of populations of *Meloidogyne* and roots and soil as well as parameters related to production reveal the adaptation of these root-knot nematodes to the clay and sandy loam soils.*

*At the end of culture, the final populations are important in the soils studied; 2680 for soil S. (sandy), 2272 for soil A (clay) and 2327 for soil I (intermediate) with a multiplication rate almost similar ( 4.12, 3.49 and 3.58 respectively).*

*All these parameters can give one clues about the real possibility of developing root-knot nematodes on all types of soil. These findings may be real on the coastal areas of the southern regions characterized with sandy soils that are most infested, but the infestation potential of interior plains characterized by clay and clay loam are certain if necessary measures are not seriously taken to control them.*

**Keywords:** soil characteristics, greenhouse crops, *Meloidogyne*, vigour index, index of galls, organic matter, inoculation and infestation

### INTRODUCTION

En Algérie, l'agriculture s'impose aujourd'hui comme moteur d'une profonde mutation de l'économie nationale. Dans le contexte particulier des cultures légumières, la plasticulture considérée comme un facteur de production important, a connu une évolution considérable ces dernières années.

L'installation de cette technique a pour principal objectif de promouvoir l'accroissement de la production des légumes et des fruits afin de satisfaire les besoins nationaux et d'autre part d'étaler le calendrier de production pour éviter les périodes creuses.

Les serres assurent les conditions climatiques favorables pour le développement des plantes, mais elles le sont également pour les ravageurs et les agents pathogènes qui s'y développent rapidement.

En plus de leur extension, les cultures maraîchères sous abri en Algérie sont à caractère intensif avec deux ou trois cultures par an. Ces deux faits facilitent le développement des maladies et des ravageurs pouvant réduire la production de 50 à 100 % dans certaines régions du pays. Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*, endoparasites sédentaires des racines, sont des ennemis redoutables pour les cultures. En effet, dans les années 90, les cultures étaient infestées par ces nématodes à plus de 60 % dans la wilaya de Tipasa à l'Ouest d'Alger (Mokabli, 1988) et à plus de 80 % des serres du littoral algérois (El Kebiri, 1993).

Plusieurs facteurs favorisent le développement des populations de ces nématodes phytoparasites; le climat, le système de culture et le sol. Les sols algériens offrent des caractéristiques propices au développement des nématodes, particulièrement celui des nématodes du genre *Meloidogyne*. Parmi ces facteurs, on cite la texture, le pH et la matière organique. Claude Nicot (2008) précise dans ce système de production, que des approches phytosanitaires combinant différents types d'interventions sont utilisées depuis de nombreuses années.

Afin de lutter efficacement contre le développement des populations de *Meloidogyne*, il est nécessaire de connaître leurs particularités biologiques et écologiques en terme d'adaptation et de développement en fonction des types de sols algériens, afin d'établir une typologie des risques à l'usage du développement et de la production agricoles. Pour ce faire, une étude contrôlée préliminaire s'est avérée indispensable pour évaluer le développement de ces nématodes dans divers sols algériens de production légumière.

## MATERIELS ET METHODES

### Matériel végétal

Des semis de melon Cantaloup (*Cucumis melo* L.), variété Charentais sensible aux nématodes à galles, sont réalisés sur une couche de terreau préalablement stérilisé (autoclavé à 120 °C pendant 20 minutes). Les plants au stade 4-5 feuilles sont transplantés dans des pots en PVC de quatre litres 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, on a observé pendant 3 mois les symptômes liés à la réaction de cette plante vis-à-vis des nématodes.

### 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 situé à 20 km à l'est sud d'Alger.

#### **Les 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 production maraîchère 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 (Ø 4cm ; maille 05µm) placés dans des boîtes de Pétri en PEP (Ø 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 & D'Herde, 1972). Le comptage des œufs, des juvéniles de deuxième et troisième stade et des femelles est réalisé sous un stéréomicroscope (grossissement de 10 x 10).

#### **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 & 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 (Demeur & Netscher, 1973).

#### **Dispositif expérimental et analyses statistiques**

L'essai a comparé les modalités suivantes :

- 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.

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 Keuls ( $p < 0.05$ ), 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 de Khi-2 (logiciel STATISTICA).

## RESULTATS

### Caractéristiques physico-chimiques des sols testés

Les résultats liés à la texture et les caractéristiques chimiques sont consignés dans le Tableau 1 et la Figure 1.

Le sol S : le triangle de texture de Henin (1969) indique que ce sol est d'une texture sablo limoneuse, avec une dominance du sable par rapport à l'argile et le limon (Fig. 1). Ce sol est moyennement alcalin, avec un taux de calcaire supérieur à 30 % (Tab. 1). 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 (Tableau 1)

Le sol AL : c'est un sol lourd, avec un taux élevé d'argile (Fig. 1). C'est un sol à texture argilo-limoneuse, moyennement alcalin (Tableau 1). 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 magnésium (Tableau 1).

Le sol LS : c'est un sol limono-sableux. Son pH est moyennement alcalin (Tableau 1). Il contient peu de calcaire (5 %) avec une forte teneur en matière organique et riche en azote assimilable. Ses teneurs en potassium et en magnésium sont considérées comme bonnes (Fig. 1).

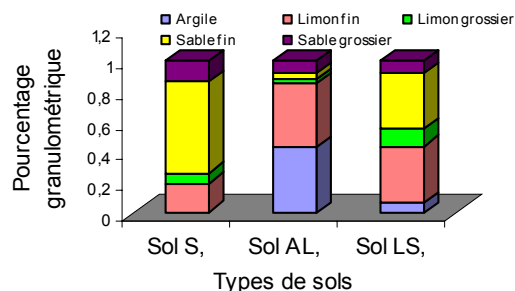


Fig. 1-

Figure 1. Pourcentage granulométrique des différents types de sol.

TABLEAU 1

## Résultats des Analyses Chimiques des 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

Evolution de la population de *Meloidogyne*

Les résultats liés à la nématofaune montrent que la plante hôte semble présenter la même sensibilité vis-à-vis des *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria* puisque leur indice de galles moyen est égal à 1.58, 1.75 et 1.5 respectivement dans les sols sableux, argileux et intermédiaires (Fig. 2).

Le nombre d'œufs observés au niveau du sol sableux est légèrement plus élevé (2345) que celui trouvé dans les deux autres types de sol (1987 pour l'argilo-limoneux et 2034 pour le limono-sableux). Néanmoins l'analyse statistique ne montre aucune différence significative (Fig. 3).

Cependant le nombre de J2 et J3 trouvés dans le sol limono-sableux est significativement plus élevé que celui trouvé dans les sols sableux et argilo-limoneux (Fig. 3). Ceci montre que les meilleures conditions de développement se trouvent dans le sol argilo-limoneux.

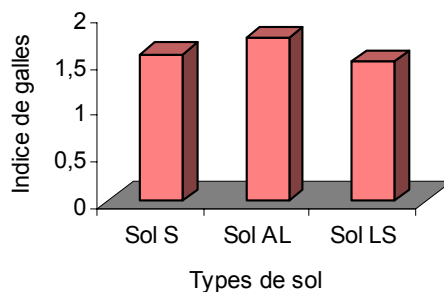


Fig. 2 -

Figure 2. Evolution de l'indice de galles en fonction des types de sol.

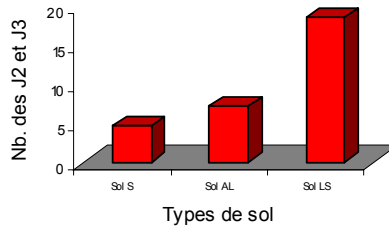


Fig. 3 -

Figure 3. Evolution du nb. des J2 et J3 en fonction des trois types de sol.

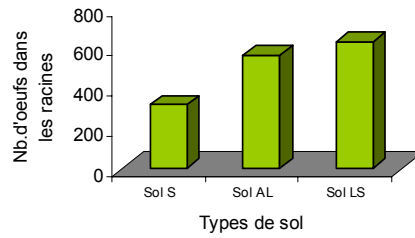


Fig. 4 -

Figure 4. Evolution du nombre d'œufs dans les racines en fonction des trois types de sol.

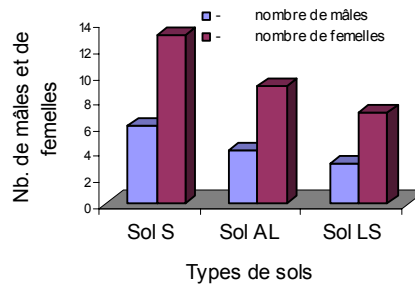


Fig. 5 -

Figure 5. Evolution du nombre de mâles et de femelles en fonction des trois types de sol.

Le nombre de mâles et des femelles récoltés en fin de culture est très faible ceci est dû au fait que les mâles sont généralement à l'extérieur du système racinaire et que ces nématodes sont parthénogénétiques. Pour ce qui est des femelles, la centrifugation même avec une faible vitesse de rotation peut provoquer leur éclatement (Fig. 5).

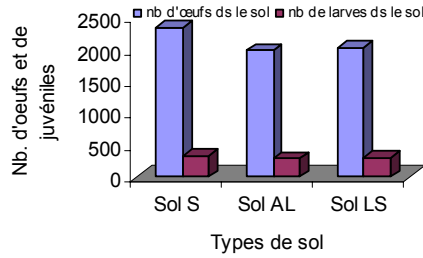


Fig. 6 -

**Figure 6. Evolution de la population des *Meloidogyne* dans les différents types de sol.**

De là, on peut même calculer la population finale ( $P_f = P_{\text{racines}} + P_{\text{sol}}$ ) et le taux de multiplication ( $T_x = P_f / P_i$ ). En effet, les populations, après toute cette période de culture, sont de 2680 pour le sol S (sableux), 2272 pour le sol AL (argilo-limoneux) et 2327 pour le sol LS (limono-sableux) et le taux de reproduction est égal à 4,12, 3,49 et 3,58 pour les 3 sols respectivement.

## DISCUSSION

### Impact des différents types de sols étudiés sur la population des *Meloidogyne*

Concernant l'évolution des populations de *Meloidogyne sp.* d'une façon générale l'analyse statistique a pu différencier deux groupes :

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

Le sol est un milieu complexe dont les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques dépendent de plusieurs facteurs (type pédologique, système de culture et pratiques culturales) qui agissent en interaction (Chaussod *et al.*, 2007).

Janvier (2007) donne la définition d'un sol comme étant une ressource vivante, finie et dynamique. Elle explique que la santé d'un sol résulte d'interactions multiples entre les



composantes physico-chimiques et biologiques, notamment les communautés microbiennes, primordiales pour le fonctionnement d'un sol.

Dans cette étude, bien que les sols sableux et argileux sont complètement différents du point de vue granulométrique, la multiplication des populations de *Meloidogyne* est pratiquement la même aussi bien dans l'un que dans l'autre. C'est le groupe A défini statistiquement, contrairement 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'on rencontre dans les sols argileux.

Le sol argileux est très riche en argile (42.68 %) mais faible en éléments grossiers (12.53 %). Contrairement au sol sableux qui est très riche en sable avec 74.08 % et très faible en argile (0.51 %) (Tableau 1).

On peut dire que le taux élevé en argile du sol argilo-limoneux lui confère la particularité d'être asphyxiant dû à la diminution de la macroporosité. Cependant il est très riche en éléments nutritifs car il a un grand pouvoir fixateur. Dans un article, De Guiran et Demeur (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 à l'haricot dans des régions au Kenya, Kimenju *et al.* (1999), ont confirmé que l'infection de *Meloidogyne* a causé une réduction significative des nodosités de la légumineuse en question et que l'ensemble du processus de dénitrification et de nodulation ont été défavorablement affectés spécialement 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 sol (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* a été estimée à 0.15 œuf et J2 par ml de sol et que le taux maximum de reproduction des nématodes est 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 était significativement plus élevée que celle de la population en Italie.

On peut conclure que bien que la nature de ces deux sols diffère complètement, 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 (45.16 %) ce qui traduit une bonne aération et une macroporosité suffisante pour une migration et un déplacement normal des larves infestantes. Jean-Claude (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.

Concernant 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 (Tableau 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.*, en 1988, ont pu démontré 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 MO 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 MO des sols leur conférant une moindre fertilité et une sensibilité à la dégradation. Cette dernière est en relation avec la pluviométrie et les températures.

Concernant le pH, Ferris et Van Gundy (1979) ont montré que les sols neutres ou plus ou moins acides favorisent l'éclosion des œufs des nématodes à galles, mais au dessous de 5,2 cette dernière est inhibée. Selon les résultats de ce travail, le pH semble avoir un effet remarquable sur le développement des nématodes à galles dans les sols étudiés. Ces résultats sont analogues à 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) cite que les nématodes à galles survivent, éclosent et se reproduisent à des pH variables entre 4 et 8.

L'évolution des populations de *Meloidogyne* (trois espèces associées; *M. incognita*, *arenaria* et *javanica* par ordre d'importance) dans les différents types de sols testés serait liée également à la teneur de certains éléments (calcaire, potassium et magnésium) présents dans le sol. 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*, *Scutellonema cavanessi* et *Tylenchorhynchus gladiolatus*. Abdoussalam *et al.* (2000) ont montré que les niveaux des populations telluriques et racinaires n'étaient pas exclusivement liés à la sensibilité des cultures maraîchères en place, mais dépendaient aussi des précédents cultureux ou des agro systèmes.

On peut remarquer que les propriétés des fractions granulométriques changent en fonction des diamètres des particules. Pour cela le sol limono-sableux, intermédiaire entre le sableux et l'argileux, présente pratiquement les meilleures conditions pour le développement des *Meloidogyne*.

#### **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.1). 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 des jaunissements et des dessèchements des feuilles. Sur ce point, Volvas *et al.* (2008) expliquent que les attaques de *Meloidogyne incognita* sur du céleri (*Apium raveolens*) ont montré un sévère jaunissement et un retard de la croissance avec un système racinaire endommagé et déformé. Les galles formées sont sphériques ou ellipsoïdales avec plus d'une femelle, des mâles et les 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 témoin que dans l'inoculé. Le poids des tiges et des racines reste plus important. Guedira *et al.* (2004) justifient l'augmentation du poids des racines suite à l'infection par *Meloidogyne* sp. et ceci est en liaison avec la formation de galles, chez les quatre génotypes testés de bananier. Il faut noter que les *Meloidogyne* peuvent provoquer même le dépérissement des plantes pérennes cultivées. Dans une région de Tebourba en Tunisie, Horrigue-Raouani *et al.* (2003) ont observé une mortalité de 20 % des plants de pêchers âgés d'une année greffés sur Cadaman résistant aux nématodes. Ils rajoutent que la mortalité est liée à l'infestation des racines par une population de *Meloidogyne javanica* où les larves arrivent à induire une hyperplasie cellulaire et la formation de nombreuses galles dépassant 10 mm de diamètre.

La longueur des racines exprimée en centimètre 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 on se base sur le poids et le calibre des fruits, les résultats révèlent d'une manière très expressive que le meilleur rendement se trouve dans le sol sableux. Dans ce type de sol, les fruits sont d'un meilleur calibre et de poids, le goût reste excellent, sucré et très parfumé.

Dans un travail sur la tomate à Mayotte, Huat (2008) rapporte que les paramètres de production sont reliés aux états du milieu et aux pratiques qui en sont à l'origine.

D'après les résultats enregistrés en fonction des paramètres étudiés pour chaque type de sol, on peut dire que les *Meloidogyne* se développent dans les trois types de sols. Les caractéristiques des différents types de sols n'ont pas d'effet considérable sur la migration horizontale et verticale des nématodes à galles.

Il serait indispensable de corrélérer 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*. Sachant très bien que pour lutter contre les nématodes il faut toujours combiner les pratiques culturales, la résistance variétale avec les agents de lutte biologique.

### CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre en évidence le développement des nématodes à galles en fonction des quelques paramètres du sol à savoir :

- 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. Cela suppose que les conditions de culture sont définies pour établir uniquement la relation nématode, plante-hôte et les types de sol stérilisés ; (c'est-à-dire sans aucune combinaison avec la microfaune ou la microflore).

Il apparaît à travers ces résultats que les nématodes peuvent en effet se développer dans les trois types de sol. On peut dire que 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 plus élevé. Notons que ce sol est caractérisé par un taux élevé de sable avec la présence d'une macroporosité et d'une microporosité importante.

La matière organique et la teneur de certains éléments (calcaire, potassium et magnésium) présents dans le sol semblent présenter des avantages considérables sur le développement de nématodes à galles dans les sols étudiés.

Concernant le pH, on observe, le long des stades phénologiques de la plante qui est le melon variété Charentais, que les sols neutres ou plus ou moins acides favorisent l'éclosion des œufs des nématodes à galles, mais au dessous de 5,2, cette dernière est inhibée. On note à ce niveau, l'effet remarquable du pH sur le développement des nématodes à galles dans les sols étudiés caractérisés par des pH basiques.

Les résultats liés aux paramètres de la plante à savoir la vigueur, la longueur des racines et la production ainsi que l'analyse quantitative de la nématofaune renseignent d'une manière générale sur la nuisibilité des *Meloidogyne* sur la culture de melon en pots quelque soit le type de sol en question.

Sur la base de ces observations et résultats, les sols algériens sont susceptibles d'héberger les nématodes en leur offrant toutes les possibilités d'infester les cultures en place. Ces enquêtes sur le terrain, ont montré que les infestations sont importantes sur le littoral centre, moyennes sur le littoral ouest et plus ou moins 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 on a noté des infestations importantes dans la région d'Adrar, de Biskra et de Ouargla.

On peut conclure que 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 on ne prend pas les dispositions nécessaires pour éviter les contaminations des sols par les nématodes à galles.

#### REFERENCES

- 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.
- 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.
- 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*. Communication présentée à la Conférence OEPP sur la fumigation, Paris, 18-19 octobre 1983.
- 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. I.N.R.A.T.*, 55(3), Ariana, 30 p.
- Cadet, P. 1998. Gestion écologique des nématodes phytoparasites tropicaux. Fonds documentaires ORSTOM. *Cahiers agricultures*, 7 : 187-194.
- Cadet, P., Bois, J.F., Chotte, J.L., Duponnois, R., N'diaye-Faye, N.D., 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*, numéro spécial, pp. 261-270.
- Castagnone, P., Kremarrec, A., Clairon, M., Anais, A. 1988. Effet dépresseur d'un apport de boue résiduaire sur le parasitisme de *Meloidogyne incognita*. *Med. Fac. Landbouww Rijksuniv., Gent* 53/26: 73-75.
- Castillo, P., Juan, A., Navas-Corté, Gomar-Tonico, D., Di Vito, M., Rafael, M. et Diaz, J. 2003. Interactions between *Meloidogyne artiellia*, the Cereal and legume Root-Knot Nematode, and *Fusarium oxyspum f. sp. Ciceris* Race 5 in Chickpea. *Rev. Phytopathology*, 93(12): 1513-1523.
- Chabrier, C., Carles, C., Desrosiers, C., Quénéhervé, P. et Cabidoche, 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.

- Chaussod, R., Breuil, M.C., Nouaim, R., Lévêque, J. 2007. *Les sols viticole : biologie et gestion durable. Viticulture durable et environnement*. Ed. Station Régionale ITV, Midi-Pyrénées, France, 25 p.
- Claude Nicot, P. 2008. Protection intégrée des cultures maraîchères sous serre : expérience et atouts pour un contexte en évolution. *Revue Agro. Biotech.*, 17(1): 45-49.
- De Guiran, G. et Demeur, Y. 1978. Influence du potentiel hydrique des sols sur les masses d'œufs de *Meloidogyne incognita* (Nematoda, Meloidogynidae). *ORSTOM, Nématologie*, 1(2) : 119-134.
- Demeur, Y., Netscher, C. 1973. Méthode d'estimation des populations de *Meloidogyne* dans le sol. *Cah. ORSTOM, série Biologie*, 21: 85-90.
- El Kebiri, L. 1993. *Contribution à l'étude de l'état d'infestation des cultures maraîchères sous serre par les Meloidogyne dans quelques régions du littoral algérois. Etude de la répartition géographique des Meloidogyne sp.* Mém. Ing. Agro., Inst. Nat. Agro. De Blida, 51 p.
- Ferris, H. et Van Gundy, S.D. 1979. *Meloidogyne* ecology and host interrelation ships. In Lamberty et Taylor (root-knot nematode). Ed. Acad. Press., London, pp. 205-230.
- Gooris, J. et D'Herde, C.J. 1972. *A method for quantitative extraction of eggs and second stages juveniles of Meloidogyne spp.* Publication de la station de nématologie et d'entomologie, 38 p.
- Guedira, A., Rammah, A., Triqui, Z., Chlyah, H., Chlyah, B. et Haïcour, R. 2004. Evaluation de la résistance à deux nématodes : *Radopholus similis* et *Meloidogyne* spp. chez quatre génotypes de bananiers au Maroc. *Comptes Rendus Biologie*, 327 : 745-751.
- Henin, S. 1969. *Le profil cultural – l'état physique du sol et ses conséquences agronomique*. Ed. Masson et Cie, 332 p..
- Horrigue-Raouani, N., Ghariani-Abdelwahed, A., Jaziri, A., Kallel, S. et B'Chir, M.M. 2003. Comportement de porte-greffe Cadaman (*Prunus persica* L ; Batsch x *Prunus davidiana* Carr Franch) vis-à-vis d'un isolat à virulence partielle de *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood chers greffés sur Cadaman. *Cahiers Agricultures*, 12 (2): 93-97.
- Huat, J. 2008. *Diagnostic sur la variabilité des modes de conduite d'une culture et de leurs conséquences agronomiques dans une agriculture fortement soumise aux incertitudes : cas de la tomate de plein champ à Mayotte*. Thèse de Doctorat, Institut des Sciences et Industries du vivant et de l'environnement (Agro. Paris Tech.), 264 p.
- Janvier, C. 2007. *Recherche d'indicateurs de la santé des sols*. Thèse de Doctorat, INA, Paris Grignon, 217 p.
- Jean-Claude, P. 1979. Horizontal migrations of seconde-stage juveniles of *Meloidogyne javanica* in sand in concentration gradients of salts in a moisture gradient. *Revue de Nématol.*, 2(1): 17-21.
- Kimenju, J.W., Karanja, N.K. et 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.
- Mokabli, A. 1988. *Les principaux facteurs qui déterminent l'importance et l'agressivité des Meloidogyne sous abris serre en Algérie*. Thèse mag., Inst. Nat. Agro., El Harrach, Alger, 69 p.
- Reddy, P.P. 1983. *Plant nematology*. Agric. Publ. Acad., New Delhi, 287 p.
- Volvas, N., Lucarelli, G., Sasanetti, N., Troccoli, A., Papajova, I., Palomares, R., Juan, E. et Castillo, P. 2008. Pathogenicity and host-parasite relationships of root-knot

nematode *Meloidogyne incognita* on celery. *Review of Plant Pathology*, 57(5): 981-987.

Wallace, H.R. 1968. Annual revue of pathology. In: *Plant parasitic nematode*, ed. Acad. Press London, New York, vol. I, pp. 257 - 278.