

EFFET DE *MELOIDOGYNE INCOGNITA* SUR LA CULTURE DE POMME DE TERRE

W. Hlaoua* et N. Horrigue Raouani

Institute Supérieur d'Agriculteur de Chott Mariem Sousse 4042 Tunisie

Résumé. La culture de pomme de terre est sujette à plusieurs contraintes phytosanitaires et, parmi celles-ci, les *Meloidogyne* constituent un genre de nématodes très nuisible. Pour déterminer l'effet de *M. incognita* sur la pomme de terre, un premier essai a été mené dans des parcelles respectivement infestées et indemnes situées dans la région de Akouda au Centre Est de la Tunisie. Des semences certifiées et d'autres infestées par les *Meloidogyne* ont été utilisées. Dans un deuxième essai en pots, l'inoculation a été faite artificiellement par *M. incognita*, à la plantation et à la tubérisation. Les deux essais ont été conduits pendant deux années successives. Les résultats obtenus en plein champ ont montré que la plantation des semences infestées a affecté significativement la production et l'état d'infestation du sol. Dans ces mêmes parcelles infestées une réduction de la production de 67,4% et une altération de la qualité des tubercules ont été observées la deuxième année. En pots, les rendements n'ont pas été significativement affectés par l'inoculation artificielle la première année mais l'ont été la deuxième année mais aucune différence significative n'a été observée entre les deux dates d'inoculation. Toutefois les populations de *Meloidogyne* ont été plus importantes dans les racines et les tubercules de plants infestés à la plantation.

Mots clés: Nématode à galles, pathogénicité, *Solanum tuberosum*, pertes de production.

Summary. Effect of *Meloidogyne incognita* on the potato crop. The potato crop is affected by several constraints, amongst which the nematodes *Meloidogyne* spp. are very damaging. To determine the effects of *M. incognita* on potato, two tests were conducted during two successive crops. The first test was done in infested and non-infested plots in the region of Akouda in the East Center of Tunisia, using infected and healthy potato tubers. The second test was conducted in pots, receiving artificial inoculations of *M. incognita* at planting and at the beginning of tuber formation. Field results showed that planting infected tubers affects significantly both yield and soil infestation level. In the same infested plots, a decrease in the yield of 67,4% was observed the second year. In pots, yield was only affected by the artificial inoculation during the second year but no significant difference was observed between the two dates of inoculation. Nevertheless, *M. incognita* populations in the roots and tubers were larger in plants inoculated at planting.

Key words: Root-knot nematode, pathogenicity, *Solanum tuberosum*, yield loss.

Les *Meloidogyne* sont le genre de nématodes phyto-parasites le plus nuisible et le plus dangereux à l'égard des plantes cultivées (Reddy, 1985). Ils parasitent plus de 2000 espèces de plantes dans le monde (Jepson, 1987). Les dommages des *Meloidogyne* ont été estimés entre 5 et 10% des pertes agricoles mondiales (Sasser *et al.*, 1983). Trois espèces [*M. javanica* (Treub) Chitw., *M. incognita* (Kofoïd *et White*) et *M. arenaria* (Neal) Chitw.] sont les plus répandues dans le Bassin Méditerranéen (Scotto La Massèse *et al.*, 1984). Ces espèces sont capables de parasiter la plupart des plantes cultivées et spontanées (Jepson, 1987).

En Tunisie les *Meloidogyne* occasionnent d'importants dégâts sur toutes les espèces maraîchères et arboricoles à noyaux du fait des conditions climatiques favorables à leur développement et de la nature légère et aérée du sol (B'Chir, 1988; Horrigue-Raouani, 2003).

Sur culture de pomme de terre, les travaux se sont intéressés essentiellement à *M. chitwoodi* Golden,

O'Bannon, Santo *et Finley*, *M. hapla* Chitwood et *M. fallax* Karssen; qui peuvent entraîner une importante réduction de la production et de la qualité des tubercules (Janssen *et al.*, 1997; Van Der Beek *et al.*, 1998). *Meloidogyne chitwoodi* et *M. fallax* occasionnent des malformations externes qui rendent les tubercules impropres à la consommation et à l'entreposage (Janssen *et al.*, 1997). De même, Hlaoua (2004) a montré que *M. incognita* et *M. javanica* occasionnent sur les tubercules des galles de différentes tailles selon le degré d'infestation du sol.

Pour cerner l'incidence de *M. incognita* sur la production et la qualité de la pomme de terre, nous avons conduit deux essais simultanés sur deux années successives. Le premier a été conduit en plein champ et le second en pots.

MATERIELS ET METHODES

Essai en plein champ. Le premier essai a été conduit en plein champ dans une parcelle naturellement infestée par une population initiale moyenne des 24.6 L2 de *M. inco-*

* Corresponding author e-mail: bhlaoua@yahoo.fr

gnita par 250 cm³ de sol et dans une autre indemne de la région de Akouda (Centre Est de la Tunisie) où des semences de pomme de terre cv. Spunta ont été utilisées.

La première plantation a coïncidé avec une culture d'arrière saison (15/10/2004). La parcelle indemne a été divisée en 4 parcelles élémentaires de 3 m² de superficie et plantées par des tubercules indemnes. La parcelle infestée a été divisée en 8 sous-parcelles de 3 m² dont quatre ont été plantées par des semences indemnes et les quatre restantes ont été cultivées par des tubercules infestés par *M. incognita*.

Dans la deuxième plantation, qui était une culture de saison (15/02/2005), des semences indemnes (cv. Spunta) importées de Hollande ont été utilisées.

Les populations de *Meloidogyne* ont été déterminées dans chaque parcelle, avant la plantation et à l'arrachage par la collecte de cinq échantillons d'environ 500 g de sol dans chaque parcelle. Chacun est composé de 20 sous-échantillons pris dans la rhizosphère des plants de pomme de terre soit à environ 20 cm de profondeur (McSorley, 2000). À l'arrachage, l'indice de galles des racines et des tubercules variant de 0 à 5 (Barker, 1978), la production, le nombre des tubercules et le poids des racines par plant ont été évalués. 25 gr des racines ainsi que 100 g d'épluchures de tubercules par plant, ont été analysées selon la technique de double centrifugation pour extraire les nématodes (De Grisse, 1969). Dix répétitions de 250 cm³ de sol par parcelle ont été analysées par la même technique. Le taux de multiplication Pf/Pi dans les parcelles infestées a été calculé par le rapport de la population finale sur la population initiale.

Essai en pots. Cet essai a été conduit en pots dans le domaine de l'Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem au Centre Est de la Tunisie. Trente pots ont été remplis chacun de 6 kg de substrat composé de proportions égales de tourbe, de sol argilo limoneux et de sable de carrière. Le substrat a été désinfecté à la chaleur (120 °C pendant 1 h) avant utilisation.

L'inoculation a été effectuée à l'aide de 18 masses d'œufs de *M. incognita* de fécondité moyenne de 230 œufs/masse, extraites à partir des tubercules de pomme de terre infestés. Dix pots ont été inoculés à la plantation, dix autres pots ont été inoculés à la tubérisation et les dix pots restants ont été considérés comme témoins sains. L'inoculation à la tubérisation est effectuée 45 jours après la plantation. La première plantation a coïncidé avec une culture d'arrière saison (18-10-2004) et la seconde avec une culture de saison (18-02-2005). Les pots ont été arrangés en plein air et les températures ont été enregistrées durant les deux expérimentations (Fig. 1). Les plants ont été arrachés le 25-12-2004 et le 12-06-2005 respectivement pour la première et la deuxième cultures.

À l'arrachage des plants, la production, le nombre de tubercules, le poids des racines et l'indice de galles ont été évalués. Les nématodes ont été extraits à partir des racines, des tubercules et du sol comme décrit précédemment.

Analyses statistiques. Les données obtenues ont subi le test d'égalité des variances de Bartlett et ont été traitées ensuite par analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel SPSS 10.0. Les moyennes ont été comparées à l'aide du test Duncan au seuil de 5%.

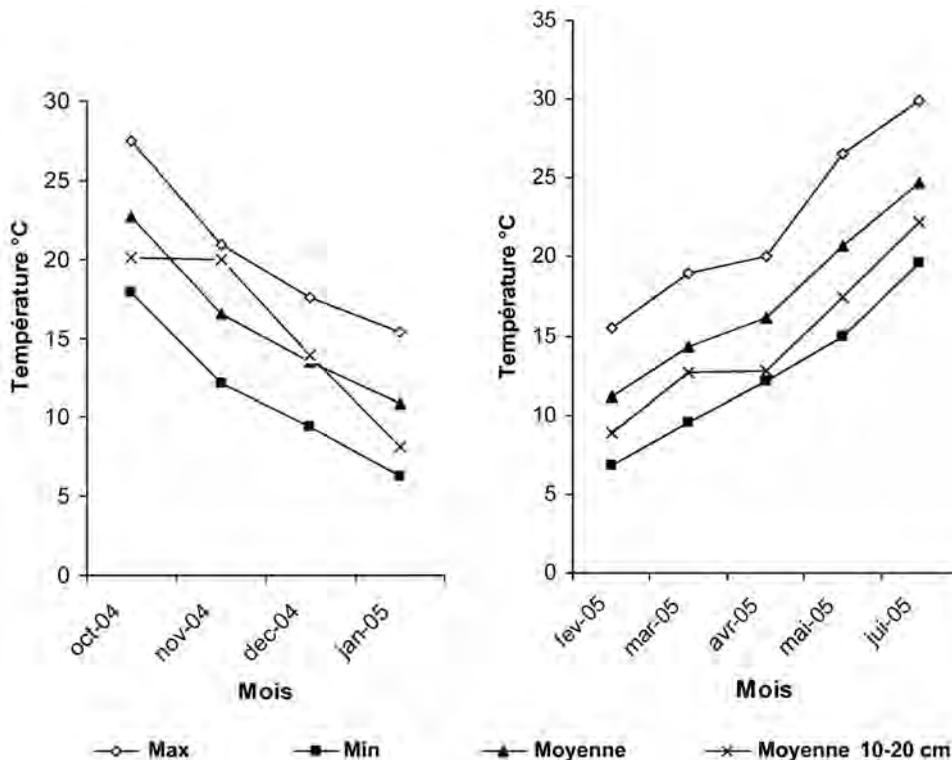


Fig. 1. Températures maximale, minimale et moyenne de l'air au niveau du sol et température moyenne entre 10 et 20 cm de profondeur pendant les deux essais.

RESULTATS

Conditions de culture

Les températures enregistrées durant les deux expérimentations ont été différentes selon la date de culture. La température moyenne qui a baissé pendant la première culture a varié entre 22 et 10 °C. Le maximum de température de 22,7 °C est enregistré pendant le mois d'octobre alors que le minimum de 6,3 °C est noté en janvier. Cependant, la deuxième expérimentation a coïncidé avec un réchauffement de l'atmosphère où la température a passé de 11 °C au début des essais, en février, à environ 25 °C à la fin des cultures vers le mois de juin (Fig. 1). La température dans le sol à une profondeur entre 10 et 20 cm a suivi la même tendance que la température ambiante, d'ailleurs nous avons enregistré une diminution progressive pendant la première culture opposée à une augmentation graduelle pendant la seconde (Fig. 1).

Essai en plein champ

Production. Les résultats relatifs à la production ont montré que l'infestation naturelle du sol diminue la production de pomme de terre. Cette réduction devient significative lors de l'utilisation de semences infestées (Fig. 2). La réduction de la production s'accroît surtout lors de la succession de culture de pomme de terre dans la même parcelle infestée. Cette diminution est hautement significative et atteint 64,4% pendant la deuxième culture (Fig. 3).

La réduction de la production est accompagnée par une altération de la qualité des tubercules qui ont présenté des galles et des craquelures à leur surface, avec un début de pourriture (Fig. 4). Le calibre des tubercules obtenus sur les parcelles infestées et indemnes n'a pas présenté de différence significative.

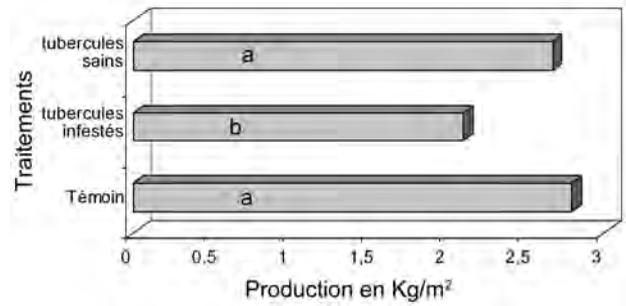


Fig. 2. Effet de *M. incognita* sur la production de la culture d'arrière saison (2004) des parcelles indemnes (Témoin), des parcelles infestées plantées avec des semences infestées et infestées plantées avec des semences indemnes. Les valeurs affectées par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil 5% du test Duncan.

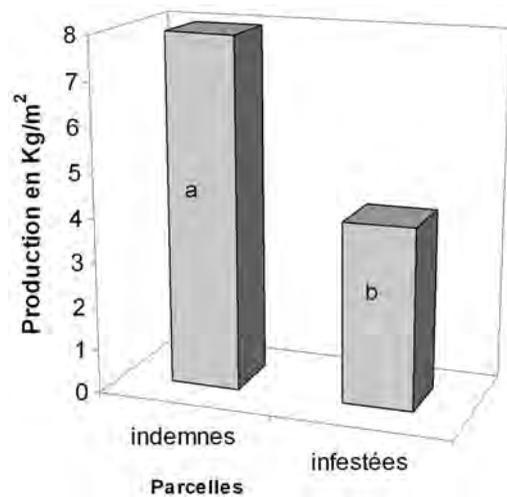


Fig. 3. Effet de *M. incognita* sur la production des parcelles infestées et indemnes pendant la deuxième année (2005) de culture. Les valeurs affectées par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil 5% du test Duncan.

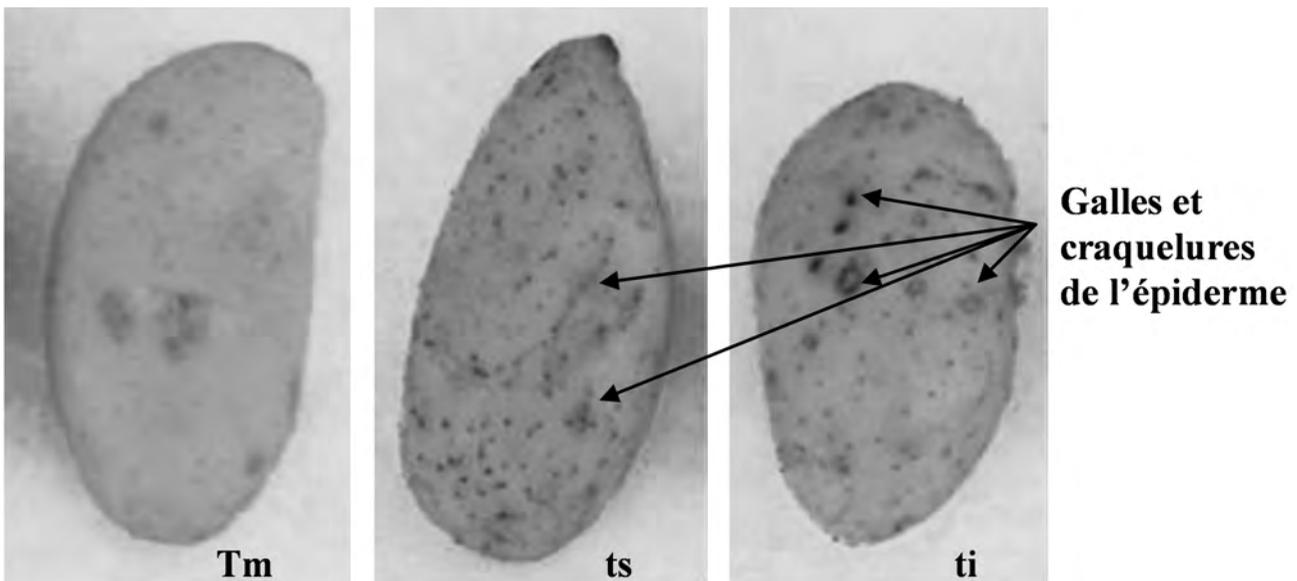


Fig. 4. Exemples de tubercules obtenus sur les parcelles indemnes (Tm) et sur les parcelles infestées par *M. incognita* et plantées avec des tubercules indemnes (ts) et avec des tubercules infestés (ti).

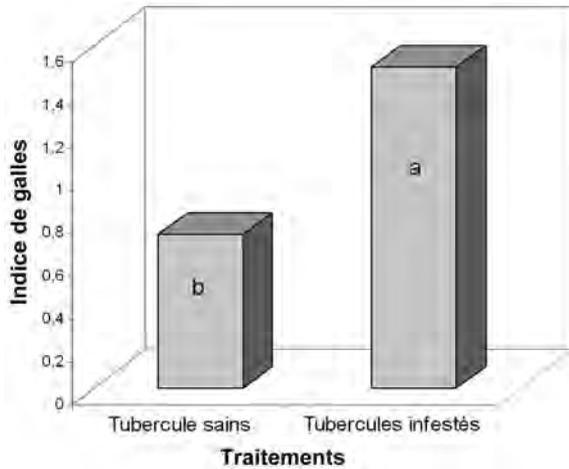


Fig. 5. Indice de galles moyen des plants cultivés dans les parcelles infestées par *M. incognita* plantées respectivement par des semences indemnes et infestées. Les valeurs affectées par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil 5% du test Duncan.

Infestation et reproduction du nématode. Les tubercules et les racines des plants cultivés dans les deux parcelles infestées ont présenté des galles caractéristiques de *M. incognita*. Cependant, les galles sur les racines des plants issus des semences indemnes sont plus petites et moins fréquentes que celles obtenues sur les racines des plants dont les semences étaient infestées. Ceci est confirmé par une différence significative entre les indices de galles relatifs à chaque parcelle (Fig. 5).

De même, l'analyse a montré que la population de *Meioidogyne* est significativement plus importante dans les racines des plants issus des semences infestées que celles des semences indemnes. En revanche, les populations du nématode dans les tubercules obtenus à partir des deux types de semences sont comparables (Fig. 6 et Fig. 7).

La comparaison du taux de multiplication de *M. incognita* dans le sol a montré que la plantation des semences indemnes dans une parcelle infestée favorise la multiplication de *M. incognita*. En plus l'utilisation des semences infestées aggrave le degré d'infestation du sol.

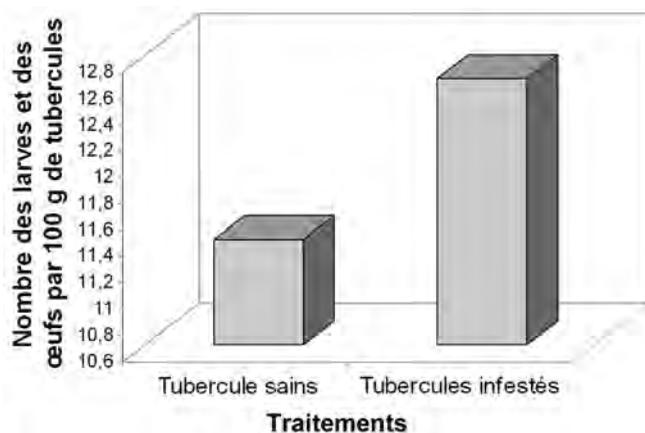


Fig. 7. Population moyenne de *M. incognita* par 100 g de tubercules issus des parcelles infestées selon l'état de semences.

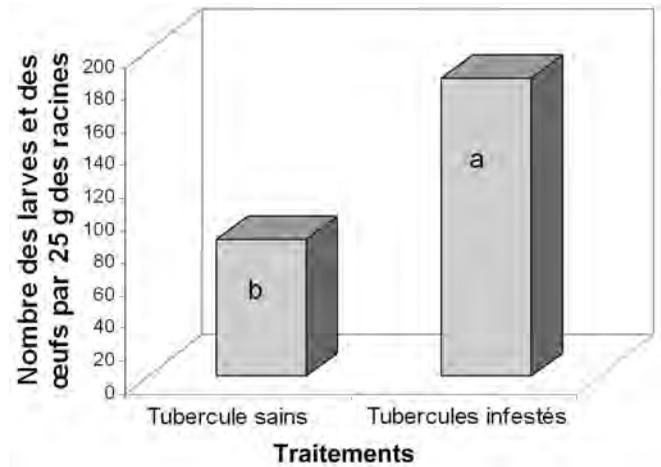


Fig. 6. Nombre des larves et des œufs de *M. incognita* par 25 g des racines de plants issus des semences indemnes et infestées dans les parcelles infestées.

D'ailleurs, le taux de multiplication de ces nématodes est de 3,3 après deux cultures, dans des parcelles infestées, en utilisant respectivement des semences infestées et saines alors que ce taux n'a pas dépassé 1,2 en utilisant seulement des semences indemnes (Fig. 8).

Essai en pots

Production. La production comparée des plants témoins et des plants respectivement infestés à la plantation et à la tubérisation n'a pas montré de différence significative au cours de la première culture bien que la production des plants témoins ait été plus importante. Le nombre de tubercules le plus important est enregistré pour les plants infestés tardivement à la tubérisation alors que les plants infestés à la plantation ont donné le nombre des tubercules le plus faible (Tableau I). La deuxième culture dans les mêmes pots a, de même, montré que la période d'inoculation du nématode n'a pas d'effet sur la production. La seule différence significative a été obtenue entre les plants témoins et ceux infestés (Fig. 9).

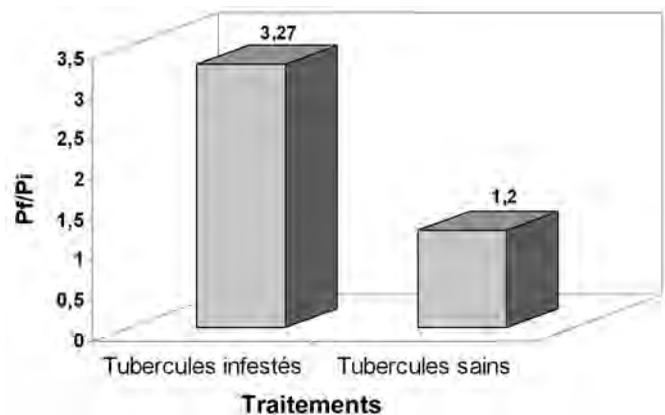


Fig. 8. Variation du taux de multiplication de *M. incognita* dans les parcelles infestées selon l'état de semence.

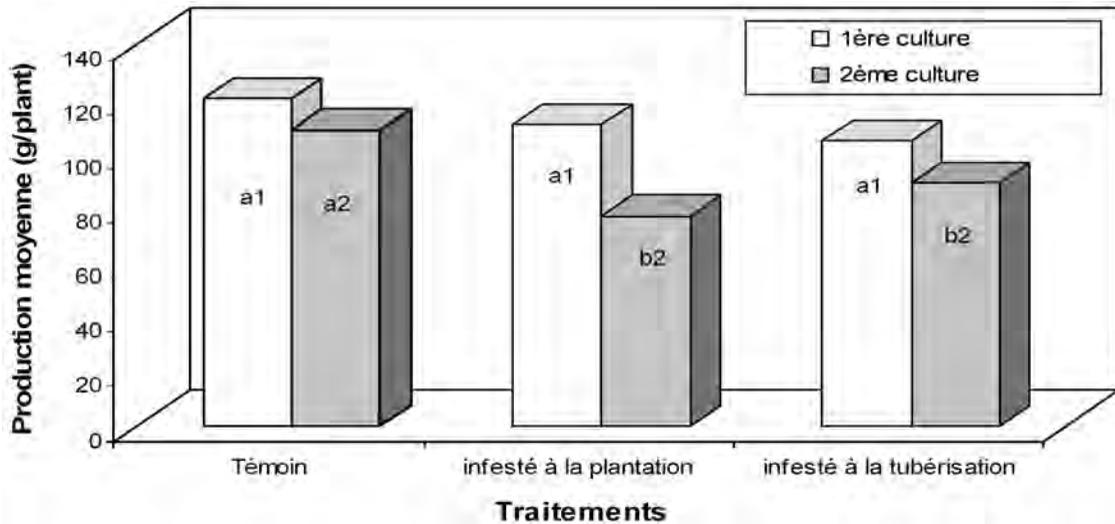


Fig. 9. Production des plants témoins de pomme de terre en pots, infestés à la plantation et infestés à la tubérisation pendant la première et la deuxième culture. Les valeurs affectées par les mêmes lettres et les mêmes chiffres ne sont pas significativement différentes au seuil 5% du test Duncan.

Infestation et reproduction du nématode. Les racines des plants infestés à la plantation ont présenté à leur surface des galles avec des masses d'œufs montrant des indices de galles de 0 à 5 (Fig. 10). Alors que les racines des plants infestés à la tubérisation n'ont pas présenté de galles (Tableau I).

Conformément à l'état général des racines et à l'indice de galles, l'extraction a montré les différents stades de développement de *M. incognita* dans les racines des plants infestés à la plantation. De même, l'analyse des tubercules issus de ces plants a montré des femelles, des stades gonflés, des larves et des œufs bien qu'ils n'aient pas formés des galles bien différenciées. Dans les racines et les tubercules des plants inoculés à la tubérisation, seules des larves ont été trouvées. D'ailleurs, la différence entre les populations de ces plants est hautement significative ($P < 0,1$) (Tableau I).

Le taux de multiplication de *M. incognita* dans les racines des plants infestés précocement à la plantation est de 1,88. Ce taux est relativement important par rapport à celui des plants inoculés tardivement à la tubérisation (Tableau I).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Des travaux ont montré que *M. chitwoodi*, *M. hapla* et *M. fallax* peuvent entraîner une importante réduction de la production et de la qualité des tubercules (Janssen *et al.*, 1997; Van der Beek *et al.*, 1998). De même, ce travail a montré que l'utilisation des semences contaminées par *M. incognita* influence la production et déprécie la qualité, ainsi les tubercules obtenus sont déformés. Ils présentent des boursouflures ressemblant aux galles induites par ce nématode sur racines des solanacées et des cucurbitacées, ainsi que des craquelures des l'épiderme et un début de pourriture. Ces tubercules sont généralement impropres à la commercialisation (Griffin, 1985; Janssen *et al.*, 1997; Van der Beek *et al.*, 1998).

L'aspect des tubercules ne peut pas nous renseigner sur le niveau de population de *Meloidogyne* spp. dans les parcelles, bien que pour les solanacées et les cucurbitacées l'indice de galles soit utilisé pour estimer le degré d'infestation du sol (Horrigue-Raouani, 2003). Ceci est dû au fait que la formation des galles sur les tubercules de pomme de terre suite à l'infestation par des *Meloido-*

Tableau I. Nombre moyen de tubercules par plant, indice de galles (IG), effectif de *Meloidogyne* pour 25 g de racines et pour 100 g de tubercules et taux de multiplication du nématode selon les traitements.

Traitement	Nombre de tubercule/plant	IG	Nématodes/25 g de racines	Nématodes/100 g de tubercule	Taux de multiplication
Témoins	3,4	-	-	-	-
Pots infestés à la plantation	2,4	2,8 *	7604,1 **	211,6 *	1,887
Pots infestés à la tubérisation	4	0,1	1,9	0,4	0,0005

* Significatif au seuil 0,05 de test Duncan; ** Hautement significatif au seuil 0,01 du test Duncan.

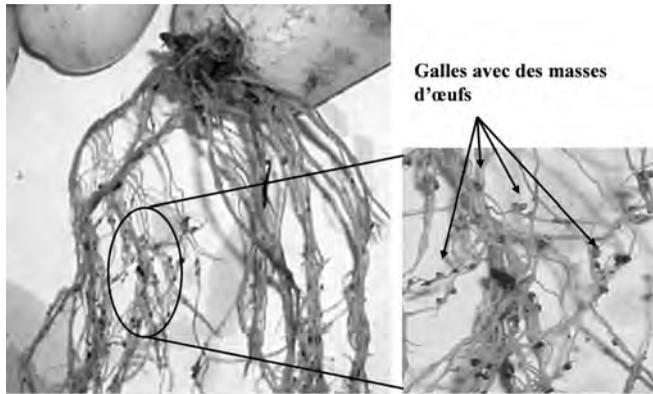


Fig. 10. Galles et masses d'œufs à la surface des racines de pomme de terre issues de plants inoculés à la plantation par *M. incognita*.

gyne n'est pas toujours évidente (Griffin, 1985), surtout lorsque la larve pénètre en profondeur dans la chair du tubercule où elle peut atteindre 12,25 mm (Viaene *et al.*, 2007), ou lorsque l'effectif des larves infestantes n'est pas important. La seconde raison paraît plus logique puisque les vaisseaux du xylème et du phloème du tubercules sur lesquels le nématode va se fixer pour se nourrir sont plutôt localisés en surface qu'en profondeur.

La culture de pomme de terre deux années successives dans une parcelle préalablement infestée par *M. incognita* aggrave le degré d'infestation du sol puisque le taux de multiplication des nématodes est plus important et diminue la production. Donc pour pouvoir gérer ces nématodes nous devons tenir compte de la succession des cultures. Les travaux de Sawadogo *et al.* (2000) ont montré que les niveaux de populations de nématodes dans le sol et dans les racines ne sont pas exclusivement liés à la sensibilité des cultures en place, mais dépendent aussi des précédents culturaux. D'ailleurs, la succession de la culture de piment durant quatre années a permis l'augmentation du taux de multiplication de *M. incognita* (Horrigue-Raouani, 2003). De même, la rotation de la pomme de terre avec le trèfle rouge pendant deux années a permis d'augmenter les populations des nématodes parasites spécifiques à la culture (Carter *et al.*, 2003). Dans notre cas, l'augmentation des populations des *M. incognita* dans les sols peut expliquer la réduction de la production enregistrée la deuxième année de culture. Cette diminution est relative à l'accroissement des populations des nématodes parasites spécifiques à la culture (Carter *et al.*, 2003). Wheeler *et al.* (1994) ont montré que la production de la pomme de terre est négativement corrélée à la densité de *M. hapla* dans le sol. Ceci confirmé par Russo *et al.* (2007) qui ont testé plusieurs densités d'infestation de pomme de terre par *M. incognita* et ont montré que la tolérance limite de cette culture au sud de l'Italie est de 1,2 œuf/cm³ de sol. Les travaux de Vovlas *et al.* (2005), conduits en pots et en conditions contrôlées, ont montré que la tolérance limite de cette culture à *M. javanica*

est moins importante; elle est comprise entre de 0,5 et 0,64 larve par cm³ de substrat. Pour une densité au-delà de ce seuil, un retard de développement, une réduction de la quantité et de la qualité de la production sont enregistrés. Mais, contrairement aux observations de Russo *et al.* (2007) et Griffin (1985), avec nos densités du nématode dans le sol, nous n'avons pas enregistré une diminution du calibre des tubercules de pomme de terre infestés par *M. incognita*.

Comme les nématodes à galles sont polyphages, plusieurs autres travaux ont confirmé une corrélation négative entre la densité des nématodes phytoparasites dans le sol et la production de plusieurs autres cultures (Seinhorst, 1965, 1979, 1995; Dropkin, 1980, Soriano et Reversat, 2003 ; Mekete *et al.*, 2003; Griffin, 1985; Hartemink *et al.*, 2000). Par ailleurs, Seinhorst (1995) et Ploeg et Phillips (2001) ont attribué la diminution de la production à la précocité de l'infestation et non au niveau de population des *Meloidogyne* dans le sol. Ainsi, une infestation précoce se traduit par une réduction de la production et de la croissance des hôtes sensibles.

Les températures ambiante et du sol peuvent influencer le développement et la reproduction des nématodes à galles (Inserra *et al.*, 1983; O'Bannon et Santo, 1984; Santo et O'Bannon 1981; Griffin, 1985; Russo *et al.*, 2007). En effet, la variation de la température d'une année à l'autre influe le nombre de générations de *Meloidogyne* ainsi que ses effets sur la culture. Ce facteur abiotique a affecté la dynamique de *M. incognita* durant les deux cultures. Pour la première culture, la plantation effectuée au mois d'octobre coïncidant avec des températures clémentes du sol, a favorisé la pénétration des nématodes dans les premières racines des plants causant ainsi la formation des galles. Mais avec le temps et au cours de la formation des tubercules, les températures ambiante et du sol ont diminué ce qui a empêché l'infestation des nouvelles racines et des tubercules. C'est la raison pour laquelle les tubercules issus des pots infestés à la plantation et à la tubérisation sont indemnes. Comme il a été présenté par Russo *et al.* (2007), la variation de la température pourrait expliquer aussi la faible densité de nématodes dans les tubercules issus d'une culture d'arrière saison de plein champ.

Pendant la première culture, le réchauffement climatique est progressif et c'est au cours des mois de mars et avril qu'on a observé des températures favorables à l'éclosion des *Meloidogyne* et à l'infestation des plants. Mais il est à signaler que, même si le nématode infecte les racines de pomme de terre à un stade de développement relativement tardif, cette petite proportion est capable de terminer son cycle de développement et augmenter ainsi le degré d'infestation du sol. De même la formation des tubercules coïncide avec une augmentation progressive de température et explique leur infestation. Cette température plus ou moins élevée permet au nématode de continuer son développement même après l'arrachage et entraîne la formation des boursouflures caractéristiques sur les tubercules comme cela a été ob-

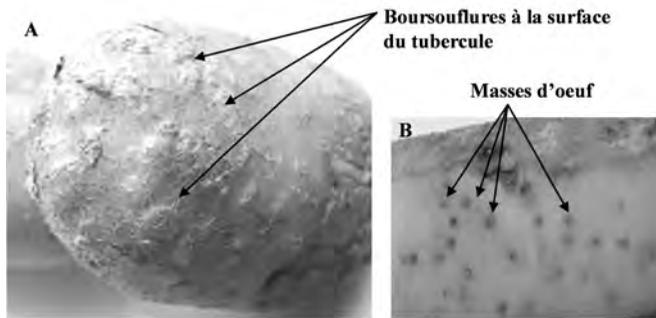


Fig. 11. Tubercule de pomme de terre issu de parcelle infestée et entreposé pendant 2 mois à la température moyenne de 27 °C. A: boursouflures à la surface du tubercule. B: masses d'œufs de *M. incognita* sous l'épiderme du tubercule infesté.

servé par Jatala *et al.* (1982). Ces tubercules présentent généralement des masses d'œufs bien différenciées sous l'épiderme (Fig. 11).

En conclusion, la succession des hôtes influe d'une manière significative la quantité et la qualité de la production ainsi que le degré d'infestation du sol. De même le choix d'une date favorable à la plantation permet d'échapper la culture de l'infestation. Pour la première culture, les *Meloidogyne* ne constituent pas un vrai problème surtout que la totalité de la production est destinée à la consommation locale et que les tubercules ne sont généralement pas très touchés suite au ralentissement de l'activité de *Meloidogyne* qui est influencé par la réduction des températures du sol et de l'air. Mais le problème se pose surtout pour la 2^{ème} culture, puisque la tubérisation et l'accroissement des tubercules, qui se dérouleront généralement entre Mars et Mai, coïncident avec des températures favorables à l'éclosion des larves et à l'infestation des tubercules. L'incidence de ces nématodes s'accroît surtout lorsque ces tubercules infestés vont servir de semences pour les autres cultures suivantes (d'arrière saison ou de primeur). Ainsi, pour la relation *Meloidogyne*-pomme de terre, le diagnostic de l'état des semences utilisées est important. L'utilisation des tubercules infestés peut aggraver l'infestation du sol par un ravageur difficile à combattre vu sa polyphagie.

REMERCIEMENTS

Ce travail est financé par le projet DURAS qui est soutenu par le GFAR et AGROPOLIS via le projet des Fonds de Solidarité Prioritaire et le Ministère Français des Affaires Etrangères.

LITERATURE CITEE

Barker K.R., 1978. Determining nematode population responses to control agents. Pp. 114-125. *In: Methods for Evaluating Plant Fungicides, Nematicides* (Zehr E.I., ed.).

American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA.

- B'Chir M.M., 1988. Limites des traitements nématicides contre les *Meloidogyne* associés au melon cultivé sous abris plastiques en Tunisie. *Revue de Nématologie*, 11: 189-194.
- Carter M.R., Kunelius H.T., Sanderson J.B., Kimpinski J., Platt H.W. et Bolinder M.A., 2003. Productivity parameters and soil health dynamics under long term 2 year potato rotations in Atlantic Canada. *Soil & Tillage Research*, 72: 153-168.
- De Grisse A.T., 1969. Redescription ou modifications de quelques techniques utilisées dans l'étude des nématodes phytoparasites. *Medelingen Rijkskulten Landbouw Wetenschappen Gent*, XXXIV, (2): 351-366.
- Dropkin V.H., 1980. *Introduction to plant nematology*. Wiley Interscience, New York, USA, 293 pp.
- Griffin G.D., 1985. Host-parasite relationship of *Meloidogyne chitwoodi* on potato. *Journal of Nematology*, 17: 395-399.
- Hartemink A.E. Poloma S., Maino M. et Poell K.S., 2000. Yield decline of sweet potato in the humid lowlands of Papua New Guinea. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 79: 259-269.
- Hlaoua W., 2004. Contribution à l'étude de la relation *Meloidogyne spp.* (Tylenchida : Meloidogynidae), pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.). DEA. Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott Mariem, Sousse, Tunisie, 70 pp.
- Horrigue-Raouani N., 2003. Variabilité de la relation hôte parasite dans le cas des *Meloidogyne spp.* (Nematoda: Meloidogynidae). *Thèse de docteur d'état*. Université Tunis-El Manar, Faculté des Sciences de Tunis, Tunisie, pp. 222.
- Inserra R.N., Griffin G.D. et Sisson D.V., 1983. Effect of temperature and root leachates on embryonic development and hatching of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla*. *Journal of Nematology*, 14: 347-354.
- Janssen G.J.W., Van Norel A., Verkerk-Bakker B. et Janssen R., 1997. Intra and interspecific variation of root-knot nematodes, *Meloidogyne spp.*, with regard to resistance in wild tuber-bearing *Solanum* species. *Fundamental and Applied Nematology*, 20: 449-457.
- Jepson S.B., 1987. *Identification of root knot nematodes (Meloidogyne spp.)*. CAB International, Wallingford, UK, 263 pp.
- McSorley R., 2000. Sampling and Extraction Technique for Nematodes *in Techniques in Nematodes Ecology*. On line publication (lamondia@caes.state.ct.us.)
- Mekete T., Mandefro W. et Greco N., 2003. Relationship between initial population densities of *Meloidogyne javanica* and damage to pepper and tomato in Ethiopia. *Nematologia Mediterranea*, 31: 169-171.
- O'Bannon J.H. et Santo G.S., 1984. Effect of temperature on reproduction of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla* alone and in combination on potato and *M. chitwoodi* on rotation plants. *Journal of Nematology*, 16: 309-312.
- Ploeg A.T. et Phillips M.S., 2001. Damage to melon (*Cucumis melo* L.) cv. Durango by *Meloidogyne incognita* in Southern California. *Nematology*, 3: 151-157.
- Reddy D.D.R., 1985. Analysis of crop losses in tomato due to *Meloidogyne incognita*. *Indian Journal of Nematology*, 15: 55-59.

- Russo G., Greco N., D'Errico F.P. et Brandonisio A., 2007. Impact of the root knot nematode *Meloidogyne incognita* on potato during two different growing seasons. *Nematologia Mediterranea*, 35: 29-34.
- Santo G.S. et O'Bannon J.H., 1981. Effect of soil temperature on the pathogenicity and reproduction of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla* on potato. *Journal of Nematology*, 13: 483-486.
- Sasser J., Eisenback J.D., Carter C.C. et Trantaphyllou A.A., 1983. The international *Meloidogyne* project - its goals and accomplishments. *Annual Review of Phytopathology*, 21: 271-288.
- Sawadogo A., Diop M.T., Thio B., Konate Y.A. 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: 895-906.
- Scotto La Massèse C., Grassely C., Minot J.C. et Voisin R., 1984. Différence de comportement de 23 clone et hybrides de Prunus à l'égard de quatre espèces de *Meloidogyne*. *Revue de Nématologie*, 7: 265-270.
- Seinhorst J.W., 1965. The relation between nematode density and damage to plants. *Nematologica*, 11: 137-154.
- Seinhorst J.W., 1979. Nematodes and growth of plants: Formalization of the nematode-plant system, Pp. 231-256 In: Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* species) - Systematics, Biology and Control (Lamberti F. and Taylor C.E., eds). Academic Press, London, UK.
- Seinhorst J.W., 1995. The effect of delay of nematode attack of oats by *Heterodera avenae* on the relation between initial nematode density and plant growth and weight. *Nematologica*, 41: 487-504.
- Soriano I.R. et Reversat G., 2003. Management of *Meloidogyne graminicola* and yield of upland rice in southern Luzon, Philippines. *Nematology*, 5: 879-884.
- Van der Beek J.G., Ploei L.M., Zijlstra C., Janssen R. et Janssen G.J.W., 1998. Variation in virulence within *Meloidogyne chitwoodi*, *M. fallax*, and *M. hapla* on *Solanum* spp. *Phytopathology*, 88: 658-665.
- Viaene N., Mathieu T. et De La Peña E., 2007. Distribution of *Meloidogyne chitwoodi* in potato tubers and comparison of extraction methods. *Nematology*, 9: 143-150.
- Vovlas N., Mifsud D., Landa B.B. and Castillo P., 2005. Pathogenicity of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* on potato. *Plant Pathology*, 54: 657-664.
- Wheeler T.A., Madden L.V., Riedel R.M. et Rowe R.C., 1994. Distribution and yield loss relations of *Verticillium dahliae*, *Pratylenchus penetrans*, *P. scribneri*, *P. crenatus*, and *Meloidogyne hapla* in commercial potato fields. *Phytopathology*, 84: 843-852.