

EFFET SUPPRESSIF DE CINQ EXTRAITS DE COMPOST VIS À VIS DU NEMATODE A GALLES *MELOIDOGYNE INCOGNITA*

A. Kerkeni¹, N. Horrigue-Raouani¹ et M. Ben Khedher²

¹ Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem 4042 - Sousse - Tunisie

Tél.: +21622779678. Email: amelkerkeni@yahoo.fr

² Centre Technique de l'Agriculture Biologique de Chott Mariem 4042 - Sousse - Tunisie

Résumé. Des études, *in vitro* et *in vivo*, ont été effectuées pour déterminer l'effet suppressif de cinq extraits de compost, formés de diverses combinaisons de fumiers d'animaux compostés [fumier de volailles (FV), fumier ovin (FO), fumier bovin (FB) et fumier d'équidés (FE)], sur le nématode à galles, *Meloidogyne incognita*, et l'effet sur la croissance de la tomate. *In vitro*, l'incubation de masses d'œufs dans les extraits de compost dilués à 10% a montré une activité nématocide vis-à-vis des œufs de *M. incognita*. Parmi les cinq composts, C1 (50%FB + 25%FO + 25%FV) et C4 (40%FB + 40%FO + 20% reste de cultures légumières) ont eu un effet significatif sur la diminution du pourcentage d'éclosion des juvéniles du nématode. Le pourcentage de mortalité a varié de 9,3% chez le témoin (eau distillée) à 73,5% dans le cas de l'extrait de C1. *In vivo*, des plants de tomate, cultivés dans des pots sur de la perlite stérilisée, ont été inoculés avec 750 œufs de *M. incognita* et irrigués tous les 10 jours par les extraits des différents composts. Les extraits de composts C4 et C5 (25%FB + 25%FO + 25%FV + 23,5% FE + 1,5% phosphate naturel) ont eu un effet significatif sur la réduction de l'indice de galles ainsi que sur le pourcentage des racines infestées par plant. Le taux de multiplication (Pf/Pi) du nématode a été significativement réduit par rapport au témoin non traité. L'irrigation des plants de tomate avec les extraits de compost a amélioré la croissance des plants de tomate.

Mots clés: Contrôle, fumiers animaux, *Lycopersicon esculentum*, tomate.

Summary. *Suppressive effect of five compost extracts against the root-knot nematode Meloidogyne incognita. In vitro and in vivo tests were conducted to assess the suppressive effects of five different compost extracts, from various composted animal manure mixtures [poultry-manure (FV), sheep manure (FO), cattle manure (FB) and horse manure (FE)], on the root-knot nematode Meloidogyne incognita and tomato growth. The incubation in vitro of egg masses of M. incognita in diluted (10%) extracts of composts showed a nematocidal activity of the extracts against M. incognita. Among the five extracts, C1 (50%FB + 25%FO + 25%FV) and C4 (40%FB + 40%FO + 20% the rest of vegetables) significantly reduced hatching of nematode eggs. The mortality of the eggs ranged from 9.3% in the control (distilled water) to 73.5% in C1. In vivo, tomato plants grown in pot filled with sterilized perlite were inoculated with 750 eggs of M. incognita and irrigated every 10 days with the different compost extracts. C4 and C5 (25%FB + 25%FO + 25%FV + 23.5% FE + 1.5% natural phosphate) extracts significantly reduced the number of galls, gall index, percentage of infested roots, and reproduction rate (Pf/Pi) of the nematode. Also, irrigation of tomato with compost extracts improved tomato growth.*

Key words: Animal manures, control, *Lycopersicon esculentum*, tomato.

Les nématodes phytoparasites du genre *Meloidogyne* représentent un des groupes de ravageurs les plus importants et les plus dangereux à l'égard des plantes cultivées (Reddy, 1985). La lutte chimique contre les ravageurs des cultures représente une part très importante des coûts de production. De plus, plusieurs produits nématocides, essentiellement des fumigants, sont retirés du marché à cause de leurs effets néfastes sur la santé humaine et sur l'environnement. Par conséquent, la recherche d'autres méthodes de lutte, moins polluantes et moins coûteuses, s'avère obligatoire (Oka, 2001).

L'utilisation des extraits de plantes à effets nématocides représente une des solutions pouvant contribuer à réduire le problème des nématodes (Takasugi *et al.*, 1975; Jasy et Koshy, 1992; Oka, 2001; Al-Banna, 2003; Amaral *et al.*, 2003; Jourand *et al.*, 2004). Récemment, des études se sont orientées vers l'utilisation de la matière organique compostée pour la protection biologique des plantes vis-

à-vis des nématodes (Marull *et al.*, 1997; Akhtar, 1998; Oka et Yermiyahu, 2002; Siddiqui, 2004). En effet, l'usage de compost a pu réduire significativement la population de nématodes sur les plantes pour la maintenir sous un seuil économique acceptable (Akhtar, 1998; Oka et Yermiyahu, 2002). Ceci a orienté les recherches vers la valorisation d'autres formes de composts. Ainsi, l'efficacité des extraits aqueux du compost ou des jus de compost (*compost teas*), en protection phytosanitaire, vis-à-vis de plusieurs champignons pathogènes, a commencé à être affirmée par plusieurs travaux (Weltzien, 1992; Elad et Shtienberg, 1994; McQuilken *et al.*, 1994; Zhang *et al.*, 1998). En revanche, l'effet des extraits de composts sur les nématodes n'est pas encore bien étudié.

Le but de cette étude est d'évaluer *in vitro* et *in vivo* (essai en pots) l'activité nématocide de cinq extraits de composts, préparés à partir de fumiers d'animaux compostés, vis-à-vis de *Meloidogyne incognita* (Kofoid *et*

White) Chitw. pour les utiliser en agriculture biologique.

MATERIELS ET METHODES

Caractéristiques et préparation des extraits de compost. Cinq extraits de compost (C1, C2, C3, C4 et C5) (Tableau I) ont été préparés à partir de divers fumiers d'animaux compostés (bovin, ovin, équidés et volailles). De la paille broyée, des restes de cultures et du phosphate naturel sont ajoutés respectivement aux extraits de composts C2, C4 et C5 (Tableau I). La production des composts a eu lieu dans l'unité de compostage du Centre Technique de l'Agriculture Biologique de Chott Mariem (Tunisie) selon un processus de compostage aérobique.

La méthode de préparation des différents extraits a été inspirée des travaux menés par Weltzien (1989), Brinton *et al.* (1996) et Ingham (2002). Il s'agit de mélanger une quantité déterminée de chacun des cinq composts avec de l'eau, dans une proportion 1 : 5 et de laisser les mélanges incuber pendant cinq jours (période d'extraction) à l'air libre, dans des conteneurs facilitant l'agitation manuelle journalière du mélange pendant quelques minutes (5 à 10 minutes).

A la fin de la période d'extraction, les différents mélanges ont été filtrés avec un tamis de 250 µm de maille et ont été conservés au réfrigérateur à une température de 4 °C. Ils ont été sortis au moins une demi heure avant leur utilisation (Znaïdi, 2002). Les caractéristiques physico-chimiques (rapport C/N, CE et pH) de ces extraits sont présentées dans le Tableau II.

Etude in vitro. Des masses d'œufs de *M. incognita* ont été prélevées manuellement sur des racines infestées. Elles ont ensuite été conservées dans une solution de NaCl 0,3 M pendant deux semaines. Elles ont été rincées trois fois à l'eau distillée avant utilisation. Cinq masses d'œufs (150 œufs/masse) ont été placées dans des boîtes de Pétri de 5 cm de diamètre, contenant les extraits (10 ml) dilués à 10% dans l'eau distillée. Les boîtes ont ensuite été incubées à 27 °C et à l'obscurité. Les masses d'œufs placées dans l'eau distillée ont servi de témoin. L'éclosion des œufs a été analysée en comp-

tant les juvéniles après 48 et 96 h d'éclosion. Le dispositif expérimental est complètement aléatoire, avec cinq répétitions prévues pour chaque traitement. L'essai a été répété deux fois.

Après 96 h d'éclosion, les masses d'œufs ont été collectées et placées dans des boîtes de Pétri contenant une solution de bleu de Meldola (1%) permettant la coloration des formes mortes (Jourand *et al.*, 2004). Après 24 h d'incubation, les masses d'œufs ont été rincées à l'eau distillée, collectées, puis mises entre lames et lamelles et observées au microscope optique pour énumérer les œufs colorés par le bleu de Meldola et considérés comme morts et les œufs non colorés considérés comme non éclos (De Guiran, 1980)

Etude in vivo. Des graines de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv. Rio Grande, sensible aux nématodes à galles, ont été désinfectées pendant 30 minutes à l'eau de Javel (1%) et rincées trois fois à l'eau distillée. Les graines ont ensuite été semées dans des plaques alvéolées remplies de tourbe autoclavée (120 °C pendant 1 h). Après quatre semaines de culture, les plantules ont été repiquées individuellement dans des pots contenant 700 cm³ de perlite autoclavée.

Une semaine après le repiquage, chaque plant a été inoculé avec cinq masses d'œufs de *M. incognita* (dont la fécondité moyenne est de 150 œufs par masse d'œufs), déposées au niveau des racines.

Des dilutions à 10% (dilution dans l'eau distillée) des extraits testés ont été apportées à raison d'une irrigation décadaire de 200 ml/plant. L'application des extraits a commencé juste avant l'inoculation des plants. Les plants irrigués par une solution nutritive standard (Razi et Hasni, 1993) (7% N ; 12% P ; 40% K ; 2% MgO; 4,3% S; 0,011% B; 0,019% Cu; 0,05% Fe; 0,05% Mn; 0,019 Zn; 0,001% Mo) ont servi de plants témoins (200 ml/plant). Cette solution a été choisie parce qu'elle est riche en potassium comme les extraits de composts utilisés. L'essai a été maintenu dans une chambre de culture durant 18 semaines à une température de 27 °C et une photopériode de 16 h. L'essai est conduit en blocs complètement aléatoires. Chaque traitement était répété dix fois.

Au bout de 18 semaines de culture, les plants de toma-

Tableau I. Composition des différents composts d'origine des extraits.

| Compost | Composition |
|---------|--|
| 1 | 50% FB + 25% FO + 25% FV |
| 2 | 60% FB + 30% FO + 10 % paille broyée |
| 3 | 50% FB + 25% FO + 25% FE |
| 4 | 40% FB + 40% FO + 20% restes de cultures légumières |
| 5 | 25% FB + 25% FO + 25% FV + 23,5% FE + 1,5% phosphate naturel |

FB: fumier bovin; FV: fumier de volaille; FO: fumier ovin ; FE: fumier d'équidé.

Tableau II. Caractéristiques physico-chimiques des cinq extraits de composts.

| Extrait de compost | pH | CE (dS.m ⁻¹) | C/N |
|--------------------|-----|--------------------------|------|
| C1 | 8,2 | 6,6 | 12,3 |
| C2 | 7,5 | 5,8 | 11,9 |
| C3 | 8,4 | 4,9 | 10,2 |
| C4 | 7,7 | 3,7 | 10,8 |
| C5 | 8,1 | 4,7 | 15,3 |

CE: conductivité électrique; C/N: rapport carbone/azote.

te ont été récoltés. Les paramètres biologiques comme la longueur des plants, la matière fraîche et sèche de la partie végétative et la matière fraîche des racines ont été mesurés. La matière sèche de la partie végétative a été déterminée après séchage à 60 °C pendant 48 h (Siddiqui, 2004). L'indice de galles variant de 0 à 5 (Barker, 1978) par système racinaire ainsi que le pourcentage d'infestation (poids de racines porteuses de galles/poids total des racines ×100, un critère mesurable qui consolide l'indice de galles) ont été déterminés (Horrigue-Raouani, 2003).

Les populations finales de *M. incognita* par plant ont été évaluées après extraction des nématodes des racines et du substrat de culture de chaque plant par la technique de double centrifugation (De Grisse, 1969) et un comptage des nématodes sous stéréomicroscope (×40). Le taux de multiplication Pf/Pi des populations a été calculé par le rapport de la population finale par plante sur la population initiale inoculée.

Analyses statistiques. Les données obtenues ont subi le test d'égalité des variances de Bartlett (elles n'ont pas présenté une grande variabilité) et elles ont été traitées par analyse de la 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%. Concernant l'étude *in vitro*, l'analyse des données de chaque essai a été effectuée à part, les résultats ont été similaires. Ainsi, les données relatives à la deuxième répétition ont été présentées dans ce document.

RESULTATS

Etude in vitro. Après 48 h d'incubation à 27 °C, les différents extraits de compost ont réduit significativement ($P < 0,05$) le pourcentage d'éclosion des œufs de *M. incognita*. Cet effet est toutefois variable selon le type d'extrait utilisé. Les extraits C1 et C4 se sont montrés les plus efficaces. Par contre, l'extrait C5 a montré un effet moins important. L'effet des extraits C2 et C3 est similaire. La réduction, par rapport au témoin, du nombre d'œufs éclos a varié de 81,8% à 69,5% et 23%

respectivement chez C1, C4 et C5 (Fig. 1).

Après une incubation de 96 h, le pourcentage d'œufs éclos dans tous les extraits a augmenté (Fig. 2A). Parmi les cinq extraits testés, C1 a réduit l'éclosion des œufs de *M. incognita* de 71,6% par rapport au témoin. L'effet des extraits C3 et C4 est comparable. Comme pour la durée d'incubation de 48 h, C5 s'est montré à nouveau le moins efficace dans la réduction du nombre d'œufs éclos. Bien que les deux extraits C3 et C1 ont presque la même composition en fumiers (fumier de volailles remplacé par fumier d'équidés chez le C3) (Tableau I), ce dernier n'a pas été aussi efficace que le C1.

L'évaluation de l'état des œufs par une coloration au bleu de Meldola a montré que les extraits de compost ont eu, par rapport au témoin, un effet hautement significatif sur le pourcentage de mortalité des œufs, qui a varié de 26,1% à 73,5% respectivement chez C5 et C1 (Fig. 2B). L'effet des extraits C3 et C4 est similaire. Tous les traitements n'ont pas d'effet sur le pourcentage d'œufs non éclos qui sont probablement en diapause (Fig. 2C).

Etude in vivo. Les différents extraits de compost testés ont réduit très significativement la multiplication de la population de *M. incognita* par plante (Fig. 3). Cependant, il n'y a pas eu de différence significative entre les cinq extraits. Les différents extraits testés ont eu un effet significatif sur la réduction de l'indice de galles, à l'exception de l'extrait C1 qui s'est comporté comme le témoin. Une réduction significative de l'indice de galles a été enregistrée chez les plants de tomate traités avec l'extrait C4.

La teneur en matière fraîche et sèche de la partie végétative ainsi que la teneur en matière fraîche des racines et la longueur de la tige des plants, traités avec les

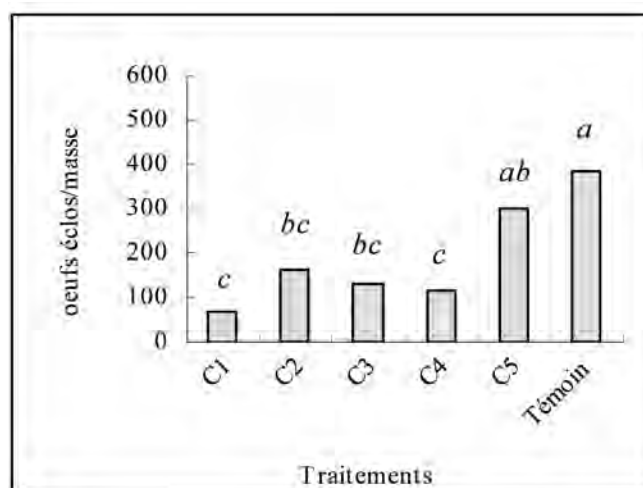


Fig. 1. Effet de divers extraits de composts animaux sur le nombre d'œufs de *Meloidogyne incognita* éclos/5 masses après 48 h d'incubation (les valeurs affectées par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au test de Duncan à $P < 0,05$).

différents extraits de compost, sont supérieures à ceux des plants témoins (Tableau III). Parmi les cinq extraits, C1 a permis la plus forte croissance des plants de tomate. Les extraits C2 et C5 ont eu un effet équivalent sur ces paramètres (Tableau III).

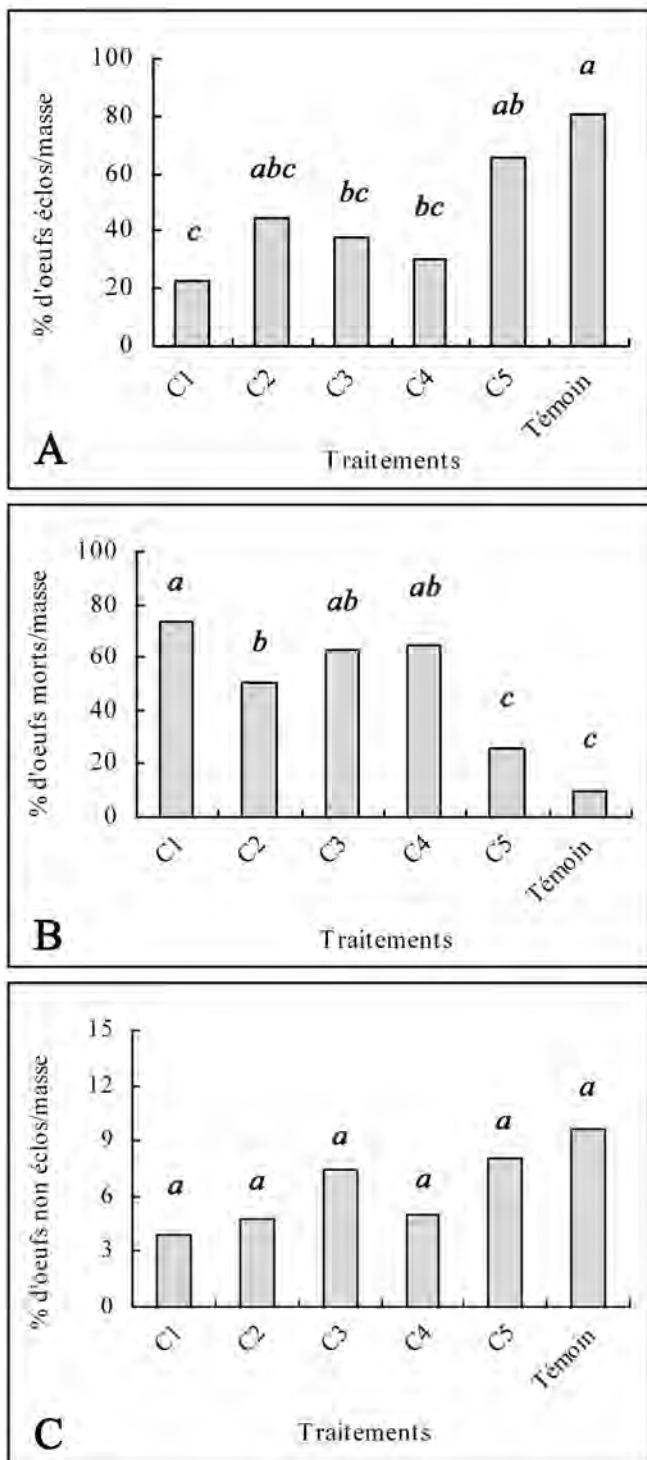


Fig. 2. Effet de divers extraits de composts animaux sur le pourcentage d'œufs éclos (A), d'œufs morts (B) et d'œufs non éclos (C) de *M. incognita* après 96 h d'incubation (les valeurs affectées par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au test de Duncan à $P < 0,05$).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Alors que plusieurs auteurs se sont intéressés à l'utilisation de composts solides et que des résultats très intéressants ont été obtenus (Akhtar et Mahmood, 1996; McSorley et Gallaher, 1996; Siddiqui, 2004), les travaux concernant l'utilisation des extraits de composts dans la lutte contre les nématodes phytoparasites sont assez rares. Ces auteurs ont montré que la matière organique compostée ou bien le compost d'origines diverses possèdent une activité nématocide et peuvent réduire la population des nématodes jusqu'à un seuil économique acceptable.

Les résultats obtenus dans l'étude *in vitro* montrent que les extraits de compost provenant de diverses combinaisons de fumiers d'animaux, compostés avec certains déchets végétaux (paille, restes des cultures) peuvent réduire les populations de *M. incognita*. Ces résultats s'accordent avec les travaux de Oka et Yermiyahu (2002) qui ont rapporté que l'extrait de compost provenant du fumier bovin (10%) a un effet suppressif vis-à-vis de *M. javanica* (Treub) Chitw. L'étude *in vitro* a montré plus précisément que les différents extraits de compost testés sont capables de réduire l'éclosion des œufs de *M. incognita* après 48 et 96 h d'incubation. Cet effet est cependant variable selon l'extrait testé. C1 et C4 se sont avérés les plus efficaces dans la diminution du nombre d'œufs éclos après 48 h d'incubation. L'extension de la période d'incubation des œufs dans les différents extraits a montré que C1 est encore le plus efficace dans la réduction de l'éclosion des œufs, tandis que l'activité ovicide du C4 est devenue moins importante que C1 après 96 h d'incubation. La coloration au bleu de Meldola a montré que les cinq extraits ont provoqué la mortalité d'un grand nombre d'œufs, par rapport au témoin. L'extrait C1 a montré le pourcentage de mortalité le plus élevé par rapport aux autres extraits. Le fumier de volaille dans le C1 pourrait être responsable d'une meilleure réduction de l'éclosion des œufs

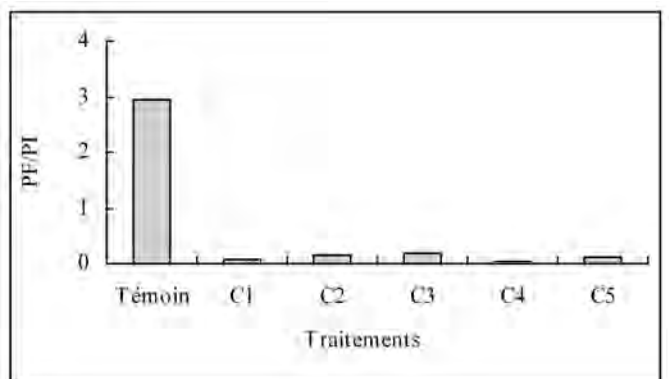


Fig. 3. Effet des différents extraits de compost sur le facteur de reproduction Pf/Pi de *M. incognita* par plant après 18 semaines de culture (les valeurs affectées par les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes au test de Duncan à $P < 0,05$).

Tableau III. Effet des différents traitements sur les paramètres de croissance (longueur de la tige, matière fraîche et matière sèche de la partie végétative, matière fraîche des racines) et d'infestation des plantes de tomate (indice de galles et pourcentage d'infestation) par *Meloidogyne incognita*.

| Traitement | Longueur de la tige (cm) | Matière fraîche (partie végétative) (g) | Matière fraîche (racines) (g) | Matière sèche (partie végétative) (g) | Indice de galles | %infestation |
|------------|--------------------------|---|-------------------------------|---------------------------------------|------------------|--------------|
| Témoin | 41,8 d | 15,8 d | 14,6 d | 3,1 d | 2,6 a | 2,7 a |
| C1 | 73,5 a | 36,9 a | 33,6 a | 6,8 a | 2,3 a | 2,4 ab |
| C2 | 67,3 ab | 31,1 b | 28,7 ab | 5,4 b | 2,0 ab | 1,5 abc |
| C3 | 57,9 bc | 24,2 c | 23,6 bc | 4,2 c | 2,1 ab | 2,4 ab |
| C4 | 51,0 dc | 20,9 c | 20,2 cd | 3,6 d | 0,2 c | 0,02 c |
| C5 | 57,6 bc | 31,8 b | 27,5 ab | 4,9 b | 1,6 b | 0,4 cb |

Pour chaque variable, les valeurs affectées par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

de *M. incognita*, effet dû à sa richesse en azote (N). En effet, Siddiqui (2004) a montré que 10 g de fumiers de volailles contient 100 mg d'N alors que 10 g de fumiers d'équidés contient seulement 55 mg d'N. D'ailleurs Oka et Yermiyahu (2002) ont noté une corrélation entre la teneur en azote et la suppression de nématodes.

La diminution du nombre d'oeufs éclos enregistré avec tous les extraits pourrait être attribuée à la mortalité des œufs, due probablement aux microorganismes antagonistes contenus dans ces extraits, puisque les microorganismes des extraits de compost sont déjà impliqués dans la suppression de plusieurs pathogènes, tels que les champignons (Weltzien, 1992) et les bactéries (Al-Dahmani *et al.*, 2003). Les métabolites contenus dans les jus de compost pourraient aussi avoir un rôle dans la réduction du nombre de juvéniles. En effet, une étude menée par El Masry *et al.* (2002) a mis en évidence la présence de plusieurs enzymes dans les extraits de compost tels que la protéase, la lipase et la chitinase. Miller et Sands (1977) ont montré que la lipase et la chitinase entraînent la mortalité du nématode *Tylencho-rhynchus dubius* (Buetschli) Filipjev *in vitro* et dans le sol. Galper *et al.* (1990) ont montré que la protéase réduit de 40% l'indice de galles sur les racines de tomate.

L'extrait de C1 s'est avéré le plus efficace dans la diminution du nombre d'oeufs éclos et a provoqué plus de mortalité que les autres traitements. L'analyse physico-chimique des cinq extraits a montré que ces produits ont tous une salinité supérieure à 3 dS. m⁻¹. Des travaux menés par Dropkin *et al.* (1958) et Oka et Yermiyahu (2002) ont montré que la salinité élevée peut réduire l'éclosion des oeufs de *M. javanica*. D'ailleurs C1 présente une conductivité électrique (6,6 dS. m⁻¹) plus élevée que les autres extraits. La conductivité élevée de cet extrait peut probablement être responsable de la mortalité des œufs et par conséquent de la diminution du nombre d'oeufs éclos dans l'étude *in vitro*.

In vivo, les cinq extraits de compost testés ont eu une activité nématocide variable vis-à-vis de *M. incognita*. Cette variabilité est fonction du traitement utilisé. En effet, les extraits C1, C2 et C3 n'ont pas eu d'activité nématocide *in vivo*. En revanche, les deux extraits C4 et C5 ont eu un effet significatif sur la diminution de l'indice de galles et le pourcentage des racines infestées par plant de tomate, bien que ces deux extraits n'ont pas montré une activité nématocide notable *in vitro*.

L'implication des déchets végétaux (restes de cultures légumières) dans la composition de l'extrait C4 et du fumier d'équidés dans l'extrait C5 pourrait avoir un effet sur la réduction de l'éclosion des œufs de *M. incognita* puisque leur addition aux fumiers bovin et ovin a donné des résultats meilleurs *in vitro* et *in vivo*. L'analyse physico-chimique de l'extrait C4 a montré un rapport C/N de 10,7 (Tableau II). Ce rapport correspond selon Mustin (1987) aux normes de qualité d'un bon extrait de compost (C/N entre 8 et 15). D'ailleurs Oka et Yermiyahu (2002) ont noté une corrélation entre la teneur en azote et la suppression de nématodes.

Ces résultats montrent que les études *in vivo* ne reflètent pas toujours les résultats obtenus *in vitro*, ce qui s'accorde avec l'opinion de Cook et Baker (1983): l'inhibition d'un pathogène par un extrait de compost observée *in vitro* n'est pas toujours un bon indicateur du pouvoir suppressif de cet extrait. Ce qui mène à penser au rôle que peut jouer la plante dans l'expression du pouvoir nématocide de l'extrait de compost. En effet, outre la mortalité qui est un effet direct des extraits de compost vis-à-vis des œufs, et qui a été signalée dans d'autres études (Oka et Yermiyahu, 2002), plusieurs auteurs (Hoitink et Grebus, 1994; Zhang *et al.*, 1998) ont évoqué un autre mode d'action chez les extraits de compost: l'induction de la résistance systémique (SAR = Systemic Acquired Resistance) chez la plante. En effet, il a été montré que les composts et leurs extraits peu-

vent induire l'expression de certains gènes de défense chez la plante lorsque cette dernière est exposée à un pathogène (Vallad *et al.*, 2003). Ainsi la réduction de la multiplication de *M. incognita* sur les plants traités avec les deux extraits C4 et C5 pourrait être due à une sorte de résistance induite par ces extraits.

La diminution de la population de nématodes sur les racines a amélioré significativement la croissance des plants de tomate. Ceci s'accorde avec les travaux de Akhtar et Mahmood (1996), qui ont noté une corrélation entre l'amélioration des paramètres de croissance et la suppression des nématodes.

Cette étude est la première concernant l'étude de l'effet nématocide des extraits de compost vis-à-vis du nématode *M. incognita*. Les résultats obtenus montrent que l'utilisation des extraits de compost constitue une voie prometteuse dans la lutte contre les nématodes à galles en culture biologique.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Dr. Thierry Mateille (IRD, Montpellier) pour l'intérêt qu'il a accordé à ce travail et pour ses remarques pertinentes. 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

- Akhtar M., 1998. Plant growth and nematode dynamics in response to soil amendments with neem products, urea and compost. *Bioresource Technology*, 69: 181-183.
- Akhtar M. et Mahmood I., 1996. Control of plant-parasitic nematodes with organic and inorganic amendments in agricultural soil. *Applied Soil Ecology*, 4: 243-247.
- Al-Banna L., Darwish R.M. et Aburjai T., 2003. Effect of plant extracts and essential oils on root-knot nematode. *Phytopathologia Mediterranea*, 42: 123-128.
- Al-Dahmani J.H., Abbassi P.A., Miller S.A. et Hoitink H.A.J., 2003. Suppression of bacterial spot of tomato with foliar sprays of compost extracts under greenhouse and field conditions. *Plant Disease*, 87: 913-919.
- Amaral D.R., da Rocha Oliveira F.E., Oliveira D.F. et Campos V.P., 2003. Purification of two substances from bulbs of onion (*Allium cepa* L.) with nematicidal activity against *Meloidogyne exigua* Goeldi. *Nematology*, 5: 859-864.
- 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.
- Brinton W., Trankner A. et Droffner M., 1996. Investigations into liquid compost extracts. *BioCycles*, 37 (11): 68-70.
- Cook R.J. et Baker K.F., 1983. *The nature and practice of biological control of plant pathogens*. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA, 540 pp.
- De Guiran G., 1980. Facteurs induisant chez *Meloidogyne* un blocage du développement des œufs considérés comme une diapause. *Revue de Nématologie*, 3: 61-69
- 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 H., Martin G.C. et Johnson R.W., 1958. Effect of osmotic concentration on hatching of some plant parasitic nematodes. *Nematologica*, 3: 115-126.
- Elad Y. et Shtienberg D., 1994. Effect of compost water extracts on grey mould (*Botrytis cinerea*). *Crop Protection*, 13: 109-114.
- El-Masry M.H., Khalil A.I., Hassouna M.S. et Ibrahim H.A.H., 2002. *In situ* and *in vitro* suppressive effect of agricultural composts and their water extracts on some phytopathogenic fungi. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 18: 551-558.
- Galper S., Cohn E., Spiegel Y. et Chet I., 1990. Nematicidal effect of collagen-amended soil and the influence of protease and collagenase. *Revue de Nématologie*, 13: 67-71.
- Hoitink H.A.J. et Grebus M.E., 1994. Status of biological control of plant diseases with composts. *Compost Science & Utilization*, 4: 6-12.
- Horrigue-Raouani N., 2003. Variabilité de la relation hôtes-parasites dans le cas des *Meloidogyne* spp. (Tylenchida Meloidogynidae). Doctorat En Sciences Naturelles. Faculté des Sciences de Tunis, Tunisie, 222 pp.
- Ingham E.R., 2002. *The Compost tea brewing manual*. Third Edition. Soil Foodweb Inc, Corvallis, Oregon, USA, 78 pp.
- Jasy T.K. et Koshy P.K., 1992. Effect of certain leaf extracts (*Crotalaria juncea*, *Ricinus communis*) and leaves of *Glycirda maculata* (H.B. et K.) Steud. *Ricinus communis*, as green manure on *Radopholus similis*. *Indian Journal of Nematology*, 22: 117-121.
- Jourand P., Rapior S., Fargette M. et Mateille T., 2004. Nematostatic effects of a leaf extract from *Crotalaria virgulata* subsp. *grantiana* on *Meloidogyne incognita* and its use to protect tomato roots. *Nematology*, 6: 79-84.
- Marull J., Pinochet J. et Rodriguez-Kabana R., 1997. Agricultural and municipal compost residues for control of root-knot nematodes in tomato and pepper. *Compost Science & Utilization*, 5: 6-15.
- McQuilken M.P., Whopps J.M. et Lynch J.M., 1994. Effects of water extracts of a composted manure straw mixture on the plant pathogen *Botrytis cinerea*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 10: 20-26.
- McSorley R. et Gallaher N., 1996. Effect of yard waste compost on nematode densities and maize yield. *Journal of Nematology*, 28(suppl.): 655-660.
- Miller P.M. et Sands D.C., 1977. Effects of hydrolytic enzymes on plant parasitic nematodes. *Journal of Nematology*, 9: 192-197.
- Mustin M., 1987. *Le compost, gestion de la matière organique*. Editions François DUBSC, Paris, France, 954 pp.
- Oka Y., 2001. Nematicidal activity of essential oil components against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Nematology*, 3: 159-164.
- Oka Y. et Yermiyahu U., 2002. Suppressive effects of composts against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* on tomato. *Nematology*, 4: 891-898.

- Razi I. et Hasni H., 1993. Effect of fertilizer placements and irrigation frequencies on growth, mineral nutrition and yield of tomatoes grown in soil-less culture. *Acta Horticulturae* (ISHS), 342: 349-356.
- Reddy D.D.R., 1985. Analysis of crop losses in tomato due to *Meloidogyne incognita*. *Indian Journal of Nematology*, 15: 55-59.
- Siddiqui Z.A., 2004. Effects of plant growth promoting bacteria and composted organic fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and tomato growth. *Bioresource Technology*, 95: 223-227.
- Takasugi M., Yachida Y., Anetal M., Masamune T. et Kegasawa K., 1975. Identification of asparagusic acid as a nematocidal occurring naturally in the root of asparagus. *Chemistry Letters*, 43-44.
- Vallad G.E., Cooperband L. et Goodman R.M., 2003. Plant foliar disease suppression mediated by composted forms of paper mill residuals exhibits molecular features of induced resistance. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 63: 65-77.
- Weltzien H.C., 1989. Some effects of composted organic materials on plant health. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 27: 439-446.
- Weltzien H.C., 1992. Biocontrol of foliar fungal diseases with compost extracts. Pp. 431-450. *In: Microbial Ecology of Leaves* (Andrews J.H. et Hirano S.S., eds). Springer, New York, USA.
- Zhang W., Han D.Y., Dick W.A., Davis K.R. et Hoitink H.A.J., 1998. Compost and compost water extract-induced systemic acquired resistance in cucumber and *Arabidopsis*. *Phytopathology*, 88: 450-455.
- Znaïdi I.A., 2002. Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes. Thèse Master. Sci. Agron., Institute Agronomique Méditerranéen, Valenzano (Bari), Italie, 94 pp.