

EFFET DE L'HYPTIS (*Hyptis suaveolens*) □ DU NEEM (*Azadirachta indica*) □ DU VERNONIA (*Vernonia amygdalina*) □ ET DE L'AMARANTE (*Amaranthus* sp.) SUR LES NEMATODES A GALLES (*Meloidogyne* spp.) EN CULTURES MARAICHÈRES

L. AFOUDA¹ □ H. BAIMEY² □ F. X. BACHABI² □ D. H. SERO-KPERA¹ et R. BALOGOUN¹

¹Faculté d'Agronomie, Université de Parakou. 02 BP 1003, Parakou, Bénin. E-mail : lafouda@yahoo.fr

²Ecole Nationale des Sciences et Techniques Agronomiques de Djougou, Université de Parakou, 02 BP 1003, Parakou, Bénin

RESUME

Les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) figurent parmi les phytoparasites les plus dommageables des cultures maraîchères. En vue de trouver une alternative à la lutte chimique contre ces parasites, l'effet nématicide d'extraits aqueux de feuilles, tiges, racines fraîches et séchées de 4 espèces de plantes : hyptis (*Hyptis suaveolens*), neem (*Azadirachta indica*), vernonia (*Vernonia amygdalina*), et amarante (*Amaranthus* sp.) sur les nématodes, au deuxième stade larvaire (J2) du genre *Meloidogyne* spp., a été évalué. Quatre concentrations (5, 10, 15 et 20 %) de chaque extrait ont été préparés dans des boîtes de Pétri. Les résultats montrent que les extraits de plantes ont induit des taux de mortalité se situant entre 20 et 95 %, après 6 j d'exposition des nématodes. L'effet des extraits a été fonction de la plante, l'organe, de la forme de l'extrait (frais ou séché), et de la concentration des extraits. Pour toutes les concentrations, les taux de mortalité dus aux extraits de feuilles ont été supérieurs ($p \leq 0,05$) à ceux dûs aux extraits de tiges ou de racines de la même plante. Les extraits de feuilles fraîches de neem ont induit la mortalité de nématodes la plus importante (95 %, $p \leq 0,05$), à la concentration de 20 %, après 6 j d'exposition, suivis des extraits frais de feuilles de vernonia (86,6 %, $p \leq 0,05$) à la même période. Ces résultats montrent que les 4 espèces de plantes étudiées constituent un bon potentiel pour la lutte intégrée contre *Meloidogyne* spp.

Mots clés : *Meloidogyne* spp., plantes à effet nématicide, extrait aqueux, cultures maraîchères, Bénin.

ABSTRACT

EFFECT OF HYPTIS (*Hyptis suaveolens*), NEEM (*Azadirachta indica*), VERNONIA (*Vernonia amygdalina*) AND AMARANTHUS (*Amaranthus* sp.) ON ROOT KNOT NEMATODES (*Meloidogyne* spp.) OF VEGETABLES

Root knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) are among the most damaging pests to vegetables cropping. In order to find alternative means for chemical control of these parasites, the nematicidal effect of aqueous extracts from fresh and dried leaves, as well as stems and roots of 4 local plants varieties : hyptis (*Hyptis suaveolens*), neem (*Azadirachta indica*), vernonia (*Vernonia amygdalina*), and amaranthus (*Amaranthus* sp.), on infective juveniles (J2) of *Meloidogyne* spp. was evaluated in Petri dishes, using 4 concentrations (5, 10, 15 et 20 %) of each extract and tap water (0 %), as a control. The plant extracts induced nematode mortality rates ranging from 20 to 95 % 6 days after exposure. The effect of extracts was found to be related to plant species used, and varied significantly ($p \leq 0.05$) with plant organ, as well as with extracts concentrations. At all concentrations, nematode mortality rates due to leaf extracts were greater ($p \leq 0.05$) than those due to stem or root extracts of the same plant. Fresh leaf extracts from neem induced the highest mortality rate (95 %, $p \leq 0.05$) at a concentration of 20 %, followed by fresh leaf extracts from vernonia (86,6 %, $p \leq 0.05$) in the same period. These results show that neem, vernonia, hyptis and amaranthus had a good potential for use in an integrated management of *Meloidogyne* spp.

Keywords : *Meloidogyne* spp., plant with nematicidal effect, aqueous extract, vegetables, Benin.

INTRODUCTION

La production des cultures maraîchères qui s'est accrue ces dernières années se trouve confrontée aux problèmes de ravageurs et de maladies. Les nématodes, particulièrement, les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.), sont parmi les ravageurs les plus redoutables en maraîchage (Sikora et Fernández, 2005). Ils occasionnent des dégâts entraînant plus de 60 % de pertes de rendement (Netscher et Sikora, 1990). Ils sont très polyphages (Sawadogo *et al.*, 1993 ; Afouda *et al.*, 2008) et sont capables d'accentuer la sévérité d'autres maladies tels que le flétrissement bactérien, causé par *Ralstonia solanacearum* (Valdez, 1978), ou le chancre bactérien, causé par *Corynebacterium michiganense* (de Moura *et al.*, 1975). Dans les zones urbaines et péri-urbaines du Bénin où environ 19 espèces de légumes feuilles indigènes et exotiques sont produites (James *et al.*, 2005), des études récentes, ont confirmé le facteur limitant que constituent les nématodes à galles en maraîchage (James *et al.*, 2005 ; Afouda *et al.*, 2008 ; Baimey *et al.*, 2009). Des 26 cultures maraîchères échantillonnées lors d'une enquête diagnostique, 96,1 % sont hôtes de ces nématodes à galles. Ils ont été retrouvés dans 100 % des 18 communes parcourues, avec une prévalence de 79,1 %, (Baimey *et al.*, 2009). Les méthodes courantes de lutte contre les nématodes incluent l'utilisation des pesticides synthétiques (Van Berkum et Hoestra, 1979), les méthodes culturales telles que la rotation avec des cultures non-hôtes (Jatala et Bridge, 1990 ; Afouda *et al.*, 2008), les méthodes physiques telles que la solarisation (Katan, 1981), l'utilisation de variétés résistantes (Robert et Thomason, 1986), l'application d'engrais organiques (Rodriguez-Kabana, 1986) ou minéraux (Baimey *et al.*, 2006). Mais, les pesticides utilisés sont généralement onéreux et dangereux pour l'environnement. Aussi, les systèmes de rotation et d'assolement sont-ils inefficaces, du fait de la polyphagie des nématodes du genre *Meloidogyne*. L'application des engrais semble plus efficace dans la lutte contre les nématodes, lorsque ces engrais sont utilisés en même temps que d'autres mesures de lutte dans un système intégré (Netscher et Sikora, 1990). Des alternatives de lutte basées sur l'utilisation des plantes à effet nématicide ont été envisagées

dans certaines régions (Jothi *et al.*, 2004 ; Ploeg et Stapleton, 2001 ; Thoden *et al.*, 2009). Oka *et al.* (2001) ont pu réduire considérablement la densité de population des juvéniles (J2) de *M. javanica* dans le sol en y mélangeant la poudre de *Inula viscosa*. Plusieurs autres plantes (*Tagetes* spp. par exemple) introduites, en rotation ou en association avec des cultures sensibles, ont permis de réduire la densité des populations de nématodes dans le sol et dans les racines des plantes hôtes (Wang *et al.*, 2002 ; Afouda *et al.*, 2008). Tsay *et al.* (2004) ont identifié neuf espèces de plantes hautement résistantes à *M. incognita* dans la famille des Asteraceae, et ont montré que l'amendement du sol avec des extraits de racines, de tiges ou de feuilles de *Gaillardia pulchella*, a conduit à une mortalité élevée de plusieurs nématodes parasites dont *M. incognita* et *Aphelenchoides besseyi*. Les extraits de racines étaient plus efficaces contre *Aphelenchoides besseyi* que ceux des feuilles et des tiges. Les plantes utilisées sont généralement locales pour la zone d'étude, et facilement accessibles. Hasseb et Butool (1996) ont rapporté que l'effet des produits à base de plantes sur les nématodes est soit direct, à travers la production de substances allélopathiques (acides, phénols, alcaloïdes, etc.), soit indirect, à travers la décomposition de ces produits, quand ils sont appliqués au sol.

L'hyptis (*Hyptis suaveolens*), le neem (*Azadirachta indica*), le vernonia (*Vernonia amygdalina*), et l'amarante (*Amaranthus* sp.) sont, respectivement, des adventices, des plantes pérennes et des légumes feuilles indigènes produits partout au Bénin dont, en dehors du neem (Bharadwaj et Sharma, 2007), l'effet sur les nématodes n'est pas bien connu. Pourtant, l'effet insecticide de l'hyptis sur plusieurs insectes a été démontré (Othira *et al.*, 2009), et, Afouda *et al.* (2008) ont dénombré moins de galles dans les racines de l'amarante et du vernonia, comparativement à la grande morelle (*Solanum macrocarpon*), lorsque ces trois cultures ont été plantées sur un sol fortement infesté par *Meloidogyne* spp.. La présente étude a pour objectif d'évaluer l'effet, à différentes concentrations, des extraits des feuilles, tiges et racines de l'hyptis, du neem, du vernonia et de l'amarante sur les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) des cultures maraîchères au Bénin.

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal utilisé est constitué des plantes de hyptis, de neem, de vernonia et d'amarante, disponibles localement dans et aux environs de la ville de Parakou.

PREPARATION DES EXTRAITS AQUEUX A PARTIR DES ORGANES FRAIS DES PLANTES UTILISEES

Les différents organes de plantes (feuilles, tiges et racines) ont été collectés 2 à 4 h avant leur broyage et coupés en de petits morceaux (environ 1 cm de long) pour en faciliter le broyage. Les extraits aqueux de feuilles, de tiges et de racines d'hyptis, de neem, de vernonia et d'amarante ont été séparément préparés par broyage de 25 g de chaque organe, en présence de 50 ml d'eau, dans une moulinette de cuisine. L'extrait brut obtenu après broyage de chaque organe a été filtré à travers une toile en coton, puis centrifugé à 3 500 rpm pendant 3 min. Le surnageant, limpide et suffisamment clair pour faciliter le comptage des nématodes, a été recueilli et dilué, à 5, 10, 15 et 20 % respectivement.

PREPARATION DES EXTRAITS AQUEUX A PARTIR DES ORGANES SECHÉS DES PLANTES UTILISEES

Les différents organes de chaque plante ont été collectés, coupés en petits morceaux (environ 1 cm), puis, séchés à 60 °C, pendant 48 h, à l'étuve. Ces organes ont ensuite été réduits en poudre dans un mortier, puis tamisés, avec un tamis de mailles 100 µm pour séparer les débris végétaux. Dix grammes de poudre de chaque organe de plante ont été prélevés séparément et mélangés à 100 ml d'eau, puis autoclavés pendant 20 min, à 121 °C, et filtrés avec du papier Watman (Tsay *et al.*, 2004). Les extraits ainsi obtenus ont été dilués à 5, 10, 15 et 20 % respectivement.

EXTRACTION DES NEMATODES A GALLES

L'inoculum utilisé dans les essais est constitué de larves infestantes (J2) de nématodes issus des racines de plants de tomate fortement infestées par les nématodes à galles. La méthode de tamisage et de centrifugation a été

utilisée pour l'extraction des nématodes (Hooper, 1990). Après avoir soigneusement lavé les racines, celles-ci ont été coupées finement (0,5 cm - 1 cm), puis mises dans un vibro-mixeur électronique. Une solution de 200 ml d'eau de javel diluée à 1 % y a été ajoutée. Les racines ont été ensuite broyées trois fois, pendant 5 secondes, chacune, en observant une pause de 5 secondes entre deux broyages. La suspension ainsi obtenue a été tamisée avec une série de tamis à mailles 850 µm, 100 µm et 28 µm. Les gros débris de racines ont été retenus dans les tamis à mailles 850 µm et 100 µm, tandis que la suspension d'œufs, de larves et d'adultes de nématodes et quelques débris fins de racines ont été retenus dans le tamis à maille 28 µm. Le contenu du tamis à maille 28 µm a été recueilli dans des bols de contenance 280 ml, à l'aide d'une pissette contenant de l'eau de robinet. Cette suspension a été mise à décanter pendant environ 1 h. Après avoir jeté une partie du surnageant, le reste de la suspension a été réparti dans des tubes auxquels on a ajouté une cuillerée à café de poudre de kaolin. Les tubes ont été centrifugés à 3 500 tours/min, pendant 7 mn, et le surnageant de leur contenu a été ensuite jeté. Une solution d'eau sucrée (450 g l⁻¹ d'eau) a été ajoutée au pellet constitué d'une suspension de nématodes. Les tubes ont été centrifugés une deuxième fois à 3 500 tours/min, mais, pendant 3 min. Cette fois-ci, les nématodes (tous stades et formes confondus) sont contenus dans le surnageant. Ils ont été récupérés par filtration en utilisant des tamis de maille 28 µm qui les ont retenus. Les nématodes ainsi obtenus ont été immédiatement rincés à l'eau de robinet afin de les débarrasser de la solution de sucre. Les larves de ces nématodes ont été séparément collectées et utilisées pour les essais dans les boîtes de Pétri.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Quatre concentrations, 5, 10, 15 et 20 %, ont été testées par organe de chaque plante. L'eau de robinet a servi de traitement témoin (0 %). Chaque traitement a été répété 4 fois. L'essai a été conduit dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre, contenant chacune 10 ml d'extrait auquel 250 nématodes ont été ajoutés. Les boîtes ont été conservées dans des conditions ambiantes de laboratoire (25 °C à 27 °C, 50 % à 60 % d'humidité relative), selon un dispositif de bloc aléatoire complet. L'essai a été répété une fois.

EVALUATIONS

L'exposition des nématodes aux extraits a duré 6 j (Adimon et Soho, 2006), et les taux de mortalité ont été évalués à la fin de l'essai. Les nématodes ont été considérés morts, lorsqu'ils sont immobiles au toucher à l'aide d'une aiguille fine et flexible. Les nématodes morts n'ont pas été retirés des extraits après chaque comptage.

ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES

Les données obtenues ont été analysées à l'aide du programme SAS, version 8 pour Windows 1999. Une analyse de variance (ANOVA) a été faite et les moyennes ont été séparées en utilisant le test de Student Newman et Keuls, au seuil de 5 %. La procédure du General Linear Model (GLM) a été utilisée, et les données sur les densités de nématodes ont été d'abord transformées en $\log_{10}(x+1)$ avant l'analyse statistique. Chacune des moyennes présentées dans les tableaux représente une moyenne des deux essais.

RESULTATS

EFFET DES EXTRAITS DE FEUILLES, TIGES ET RACINES DE L'HYPTIS (*Hyptis suaveolens*) SUR DES LARVES INFESTANTES DE *Meloidogyne* spp.

A la fin de l'essai sur les organes frais, une mortalité moyenne de 14,0 % des nématodes a été enregistrée par boîte de Pétri, contre 8,8 % avec les organes séchés. Quelle que soit la nature (frais ou séché) de l'organe utilisé pour l'hyptis, et quel que soit l'organe considéré, les taux de mortalité les plus élevés sont enregistrés à la concentration de 20 %. A cette concentration, les taux de mortalité atteignent 63,9 et 44,0 %, respectivement, pour les feuilles fraîches et pour les feuilles séchées. Pour tous les organes, en dehors des feuilles fraîches, les taux de mortalité augmentent significativement ($p \leq 0,05$) avec la concentration des extraits. Aussi, pour une concentration donnée, les taux de mortalité enregistrés au niveau des feuilles

sont-ils supérieurs ($p \leq 0,05$) à ceux enregistrés au niveau des racines et des tiges, aussi bien pour les organes frais que séchés (Tableau 1).

EFFET DES EXTRAITS DE FEUILLES, TIGES ET RACINES DU NEEM (*Azadirachta indica*) SUR DES LARVES INFESTANTES DE *Meloidogyne* spp.

Au niveau des deux formes d'organes, le taux de mortalité enregistré dans le traitement témoin est de 15,0 %. Pour le neem aussi, les taux de mortalité les plus élevés ont été enregistrés à la concentration 20 %, indépendamment de la forme (frais ou séchés) des extraits, et pour tous les organes. A cette concentration, les taux de mortalité ont atteint 95 %, aussi bien pour les feuilles fraîches que pour les feuilles séchées. Pour tous les organes et aussi pour chacune des deux formes d'organes, les taux de mortalité augmentent significativement ($p \leq 0,05$) avec la concentration (Tableau 2). Les résultats présentés dans le tableau 2 indiquent que les taux de mortalité dus aux extraits (frais ou séchés) des feuilles sont toujours supérieurs ($p \leq 0,05$) aux taux de mortalité dus aux extraits des tiges et des racines, pour une même concentration (Tableau 2).

EFFET DES EXTRAITS DE FEUILLES, TIGES ET RACINES DU VERNONIA (*Vernonia amygdalina*) SUR DES LARVES INFESTANTES DE *Meloidogyne* spp.

Un taux de mortalité des nématodes de 12,2 % a été enregistré dans le traitement témoin. Des taux de mortalité élevés, 74,5 % pour les feuilles fraîches et 61,4 % pour les feuilles séchées, ont été enregistrées déjà à la concentration de 5 %, et ces taux de mortalité atteignent respectivement 86,6 % et 71,3 % pour les feuilles fraîches et pour les feuilles séchées, à la concentration de 20 %. Au niveau des tiges et des racines, en dehors de la concentration 20 %, et aussi à l'exception des racines fraîches, les taux de mortalité enregistrés n'évoluent pas toujours dans l'ordre croissant pour toutes les autres concentrations, aussi bien pour les organes séchés que pour les organes frais (Tableau 3).

Tableau 1 : Taux (%) de mortalité des larves infestantes de *Meloidogyne* spp. exposées aux extraits d'organes frais et séchés d'hyptis (*Hyptis suaveolens*) à des concentrations de 0 % (eau de robinet), 5, 10, 15 et 20 %.

Mortality rates (%) of infective juveniles of Meloidogyne spp exposed to fresh and dried extracts of hyptis (Hyptis suaveolens) at concentrations of 0 % (tap water), 5, 10, 15 and 20 %.

Extraits	Organes frais (%)					Organes séchés (%)				
	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
Feuilles	14,0aD	55,0aC	59,0aB	59,5aB	63,9aA	8,8aE	28,3aD	33,4aC	38,1aB	44,0aA
Tiges	14,0aE	20,4cD	23,3cC	26,3cB	29,9cA	8,8aE	21,4cD	24,4cC	28,0cB	30,5cA
Racines	14,0aE	34,5bD	40,0bC	40,4bB	46,6bA	8,8aE	25,2bD	28,2bC	31,8bB	33,0bA

Les valeurs suivies d'une même lettre majuscule dans les lignes (pour chaque type d'organe : frais ou séché), ou d'une même lettre minuscule dans les colonnes (pour chaque concentration) ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Student Newman et Keuls. Chaque valeur représente la moyenne de deux essais.

Tableau 2 : Taux (%) de mortalité des larves infestantes de *Meloidogyne* spp. exposées aux extraits d'organes frais et séchés du neem (*Azadirachta indica*) à des concentrations de 0 % (eau de robinet), 5, 10, 15 et 20 %.

Mortality rates (%) of infective juveniles of Meloidogyne spp. exposed to fresh and dried extracts of the neem (Azadirachta indica) at concentrations of 0 % (tap water), 5, 10, 15 and 20 %.

Extraits	Organes frais (%)					Organes séchés (%)				
	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
Feuilles	15,0aE	87,1aD	91,1aC	93,6aB	95,8aA	15,0aE	87,0aD	90,3aC	92,8aB	95,0aA
Tiges	15,0aE	40,1bD	44,5bC	50,3bB	53,2bA	15,0aE	39,3bD	43,7bC	49,5bB	52,4bA
Racines	15,0aE	34,3cD	41,9cC	45,5cB	51,0cA	15,0aE	33,5cD	41,1cC	44,7cB	50,2cA

Les valeurs suivies d'une même lettre majuscule dans les lignes (pour chaque type d'organe : frais ou séché), ou d'une même lettre minuscule dans les colonnes (pour chaque concentration) ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Student Newman et Keuls. Chaque valeur représente la moyenne de deux essais.

Tableau 3 : Taux (%) de mortalité des larves infestantes de *Meloidogyne* spp. exposées aux extraits d'organes frais et séchés du vernonia (*Vernonia amygdalina*) à des concentrations de 0 % (eau de robinet), 5, 10, 15 et 20 %.

Mortality rates (%) of infective juveniles of Meloidogyne spp exposed to fresh and dried extracts of vernonia (Vernonia amygdalina) at concentrations of 0 % (tap water), 5, 10, 15 and 20 %.

Extraits	Organes frais (%)					Organes séchés (%)				
	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
Feuilles	12,2aE	74,5aD	80,0aC	80,4aB	86,6aA	12,2aE	61,4aC	59,8aD	67,0aB	71,3aA
Tiges	12,2aE	57,7bC	43,0cD	61bB	74,8bA	12,2aE	56,2bC	54,6bD	61,8bB	66,1bA
Racines	12,2aE	43,1cD	50,4bC	54,8cB	58,5cA	12,2aE	52,2cC	50,6cD	57,8cB	62,1cA

Les valeurs suivies d'une même lettre majuscule dans les lignes (pour chaque type d'organe : frais ou séché), ou d'une même lettre minuscule dans les colonnes (pour chaque concentration) ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Student Newman et Keuls. Chaque valeur représente la moyenne de deux essais.

EFFET DES EXTRAITS DE FEUILLES, TIGES ET RACINES DE L'AMARANTE (*Amaranthus* sp.) SUR DES LARVES INFESTANTES DE *Meloidogyne* spp.

Dans le traitement témoin, le taux de mortalité des nématodes est de 13,8 et 13,3 %, respectivement, dans l'essai avec les organes frais et séchés. Les taux de mortalité enregistrés pour toutes les concentrations et pour toutes les formes d'extraits (frais ou séchés) sont

significativement supérieurs ($p \leq 0,05$) à ceux du témoin (0 % = eau de robinet), mais les mortalités les plus élevées, même à la concentration 20 %, atteignent seulement à 76,0 et 51,7 %, respectivement, pour les feuilles fraîches et pour les feuilles séchées. Les taux de mortalité de nématodes dans les extraits de racines sont significativement supérieurs ($p \leq 0,05$) à ceux obtenus dans les extraits de tiges pour les deux formes d'organes, à l'exception des organes séchés à la concentration de 10 % (Tableau 4).

Tableau 4 : Taux (%) de mortalité des larves infestantes de *Meloidogyne* spp. exposées aux extraits d'organes frais et séchés d'amarante (*Amaranthus* sp.) à des concentrations de 0 % (eau de robinet), 5, 10, 15 et 20 %.

Mortality rates (%) of infective juveniles of Meloidogyne spp. exposed to fresh and dried extracts of amaranthus (Amaranthus sp.) at concentrations of 0 % (tap water), 5, 10, 15 and 20.

Extraits	Organes frais (%)					Organes séchés (%)				
	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
Feuilles	13,8aE	56,2aD	62,9aC	66,5aB	76,0aA	13,3aE	37,3aD	43,0aC	47,3aB	51,7aA
Tiges	13,8aE	33,0cD	38,9cC	43,8cB	51,0cA	13,3aE	26,6cD	30,9bC	36,2cB	43,0cA
Racines	13,8aE	39,8bD	48,9bC	57,8bB	63,9bA	13,3aE	28,2bD	37,4bC	43,9bB	50,2bA

Les valeurs suivies d'une même lettre majuscule dans les lignes (pour chaque type d'organe : frais ou séché), ou d'une même lettre minuscule dans les colonnes (pour chaque concentration) ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Student Newman et Keuls. Chaque valeur représente la moyenne de deux essais.

EFFICACITE COMPAREE DES EXTRAITS D'ORGANES FRAIS AUX EXTRAITS D'ORGANES SECHES

Quelle que soit la forme des extraits (frais ou séchés), tous les organes des plantes utilisées ont connu des taux de mortalité des nématodes allant de 22,8 à 79,3 %, toutes concentrations confondues. Des taux élevés de mortalité (79,3 et 78,4 %) ont été observés au niveau des feuilles (fraîches ou séchées) de neem, suivies des feuilles fraîches de vernonia (68,34 %) et d'amarante (55,1 %). Pour toutes les plantes considérées, les taux de mortalité due aux feuilles fraîches sont supérieurs ($p \leq 0,05$) ou

égaux aux taux de mortalité dus aux feuilles sèches. Avec les tiges de vernonia et d'amarante, les taux de mortalité enregistrés sont significativement supérieurs ($p \leq 0,05$) au niveau des organes frais qu'avec les organes séchés. Le contraire a été observé avec l'hyptis, alors qu'aucune différence significative ($p \leq 0,05$) de taux de mortalité n'a été observée avec les organes frais ou séchés de neem. Au niveau des racines, les extraits frais ont été plus efficaces que les extraits séchés pour l'hyptis et l'amarante, tandis que les extraits séchés de vernonia et de neem ont été, au moins, aussi efficaces que les extraits frais.

Tableau 5 : Taux (%) de mortalité des larves infestantes de *Meloidogyne* spp. exposés aux extraits frais ou séchés des feuilles, des tiges et des racines de l'hyptis, du neem, de l'amarante et du vernonia.

Mortality rates (%) of infective juveniles of Meloidogyne spp. exposed to fresh and dried leaf, stem and root extracts of hyptis, the neem, amaranthus and vernonia.

	Feuilles		Tiges		Racines	
	Fraîches	Sèches	Fraîches	Sèches	Fraîches	Sèches
Hyptis	51,3a	44,0b	22,8b	30,5a	36,3a	33,0b
Neem	79,3a	78,4a	41,4a	40,6a	38,4a	37,6a
Vernonia	68,3a	54,3b	51,3a	50,2b	45,4b	47,0a
Amarante	55,1a	38,5b	36,1a	30,0b	44,8a	34,6b

Pour chaque organe de chaque plante, les valeurs suivies de la même lettre dans les lignes ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Student Newman et Keuls. Chaque valeur représente une moyenne du taux de mortalité enregistré dans les différentes concentrations d'extraits de plantes.

DISCUSSION

Les extraits aqueux des quatre plantes utilisées ont induit des mortalités des nématodes à des degrés variables suivant la plante, la concentration et les organes utilisés. Ces résultats indiquent que l'hyptis, l'amarante, le vernonia et le neem contiennent des composés à effet nématocide. De nombreux travaux (Bharadwaj et Sharma (2007) ; Widmer et Abawi (2000) ; Loumédjion (2006) ; Williams *et al.*, (2003)) ont montré le potentiel des extraits de plantes à réduire la densité de populations des nématodes. El Allagui *et al.* (2006) ont étudié les métabolites secondaires de cinq plantes et ont mis en évidence la présence des flavonoïdes dont la composition varie, quantitativement et qualitativement, suivant l'espèce de plante considérée. Thoden *et al.* (2009) ont également montré que l'effet nématocide de certains extraits de plante est dû à leur teneur en alcaloïdes.

Les plantes de la famille Asteraceae sont particulièrement utiles dans les stratégies de lutte contre les nématodes à galles (Tsay *et al.*, 2004 ; Osman *et al.*, 2008). *Vernonia amygdalina*, dont les feuilles fraîches induisent une mortalité supérieure à 86 % après 6 j d'exposition des nématodes, appartient à cette famille botanique et pourrait être recommandé

dans la rotation, en pré-plantation, comme culture intercalaire, ou comme engrais vert, pour réduire les galles et les populations de juvéniles des nématodes du genre *Meloidogyne*. Afouda *et al.* (2008) ont montré que l'introduction de cette plante dans la rotation contribue à réduire la densité de population de *Meloidogyne* spp. dans le sol.

Le fait que les taux de mortalité soient plus élevés au niveau des extraits des feuilles pourrait s'expliquer par l'accumulation des différentes substances toxiques aux nématodes dans les feuilles. Ces résultats corroborent ceux de Miller *et al.* (1973) et de Siddiqui et Alam (1988).

D'autres travaux ont montré l'efficacité des produits à base de neem à réduire les populations des nématodes parasites des plantes dans le sol (Akhtar, 1999), tandis qu'il y a un déficit d'informations à combler, quant au potentiel de certaines autres plantes tels que l'hyptis, le vernonia et l'amarante, à lutter contre les nématodes à galles. Nos résultats suggèrent que ces plantes disponibles localement pourraient être considérées dans l'élaboration des mesures intégrées de lutte contre les nématodes à galles, soit sous formes d'extraits aqueux ou de poudres séchées, soit en rotation ou association pour l'amarante et le vernonia. Toutefois, dans les cas d'association, un suivi

à long terme est nécessaire afin de s'assurer que la résistance / tolérance des plantes recommandées n'est pas surmontée par les populations de nématodes (Tsay *et al.*, 2004). Il importe néanmoins d'évoquer les limites de nos travaux dont les résultats se rapportent seulement aux expérimentations *in vitro*. Cela impose la nécessité de conduire des essais en milieu réel pour consolider les conclusions de la présente étude.

Il serait également intéressant de préciser les composés chimiques actifs dans les extraits des différentes plantes utilisées et de les comparer aux dérivés à effets nématocides connus tels que le thiarubrine C (Sanchez de Viala *et al.*, 1998), l'acide caustique (Oka *et al.*, 2001) et les alcaloïdes (Thoden *et al.*, 2009).

CONCLUSION

Cette étude a permis d'évaluer le potentiel de quatre plantes, à savoir : l'hyptis, le neem, l'amarante et le vernonia, à réduire la densité des populations de *Meloidogyne* spp. *in vitro*. L'effet des plantes sur les nématodes est variable et dépend, non seulement de la plante considérée, mais aussi de l'organe considéré, de la forme d'application (frais ou séchés), et de la concentration utilisée. Après le neem, les feuilles de vernonia ont induit les mortalités les plus élevées, 68,3 et 54,3 % respectivement pour les feuilles fraîches et pour les feuilles séchées à toutes concentrations confondues. Pour toutes les plantes, les extraits de feuilles ont induit une mortalité plus élevée que les racines ou les tiges, atteignant 95 % pour le neem à la concentration 20 % et 6 j après exposition des nématodes. Dans les stratégies d'élaboration des méthodes de lutte contre les nématodes à galles, on peut envisager l'utilisation de l'hyptis, du neem, de l'amarante et du vernonia, soit sous formes de feuilles séchées à incorporer au sol, soit l'association des cultures d'intérêt avec le vernonia et l'amarante, qui sont des légumes feuilles consommés localement. Mais des essais en milieu naturel sont nécessaires pour renforcer les recommandations à faire pour réduire la densité des populations de nématodes à galles dans le sol par l'utilisation des pesticides botaniques.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) pour son soutien financier.

REFERENCES

- Adimou E. and C. Soho. 2006. Effets d'extraits végétaux sur les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) inféodés à la grande morelle (*Solanum macrocarpum* L.). Mémoire-Projet de fin de cycle pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Agricoles Tropicales (DEAT). Lycée Agricole Médji de Sékou (Benin), 72 p.
- Afouda L., Baimey H. and H. Fanou. 2008. Evaluation of *Amaranthus* sp. and *Vernonia amygdalina*, and soil amendments with poultry manure for the management of root-knot nematodes on eggplant. *Phytoparasitica* 36 (4) : 368 - 376.
- Akhtar M. 1999. Plant growth and nematode dynamics in response to soil amendments with neem products, urea and compost. *Bioresource Technology* 69 : 181 - 183.
- Baimey H., Coyne D., Dagbenonbakin G. and B. James. 2009. Plant-parasitic nematodes associated with vegetable crops in Benin : relationship with soil physico-chemical properties. *Nematologia Mediterranea* 37 : 225 - 234.
- Baimey H., Coyne D. and N. Labuschagne. 2006. Effect of fertilizer application on yam nematode (*Scutellonema bradys*) multiplication and consequent damage to yam (*Dioscorea* spp.) under field and storage conditions in Benin. *International Journal of Pest Management* 52 (1) : 63 - 70.
- Bharadwaj A. and S. Sharma. 2007. Effect of some extracts on the hatch of *Meloidogyne incognita* eggs. *International Journal of Botany* 3 : 312 - 16.
- de Moura R. M., Echandi E. and N. T. Powell. 1975. Interaction of *Corynebacterium michiganense* and *Meloidogyne incognita* on Tomato. *Phytopathology* 65 : 1332 - 1335.
- El Allagui N., Bourijate M., Tahrouch S. et A. Hatimi. 2006. Effet de cinq extraits végétaux sur

- Meloidogyne* spp. de la tomate. Congrès International de Biochimie. Agadir, Maroc, pp 357 - 360.
- Haseeb A. and F. Butool. 1996. Evaluation of nematicidal properties of some members of the family Solanaceae. Bioresource Technology 57 : 95 - 97.
- Hooper D. J. 1990. Extraction and processing of plant and soil nematodes. In : M. Luc, R. A. Sikora and J. Bridge (Eds.). Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. Wallingford (UK) : CAB International, pp. 45 - 68.
- James B., Godonou I., Atcha C. and H. Baimey. 2005. Healthy vegetable through participatory IPM in peri-urban areas of Benin. Summary of activities and achievements, 2003 - 2005. International Institute of Tropical Agriculture, Cotonou, Benin.
- Jatala P. and J. Bridge. 1990. Nematode Parasites of Root and Tuber Crops. In : M. Luc, R. A. Sikora and J. Bridge (Eds.). Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. Wallingford, (UK) : CAB International : pp 137 - 80.
- Jothi G, Babus S. R., Ramakrishnan S. and G. Rjeandran. 2004. Management of root lesion nematode, *Paratylenchus delattre* in crossandra using oil cakes. Bioresource Technology 93 : 257 - 59.
- Katan J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. Annual Review of Phytopathology 19 : 211 - 236.
- Loumédjinson S. E. 2006. Nématodes des cultures maraîchères au sud Bénin : Efficacité des épiluchures d'orange et de manioc dans la lutte contre les nématodes à galles inféodés à la carotte (*Daucus carota*) et à la grande morelle (*Solanum macrocarpum*). Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA). Université d'Abomey-Calavi (Bénin), 103 p.
- Miller P. M., Turner N. C. and H. Tomlinson. 1973. Toxicity of leaf stem extracts to *Tylenchorhynchus dubius*. Journal of Nematology 5 (3) : 173 - 77.
- Netscher C. and R. A. Sikora. 1990. Nematodes parasites of vegetables. Nematode Parasites of Root and Tuber Crops. In : M. Luc, R. A. Sikora and J. Bridge (Eds.). Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. Wallingford, (UK) : CAB International : pp. 237 - 72.
- Oka Y., Ben-Daniel B. H. and Y. Cohen. 2001. Nematicidal activity of powder and extracts of *Inula viscosa*. Nematology 3 (8) : 735 - 742.
- Osman H. A., El-Gindi A. Y., Taha H. S., El-Kazzaz A. A., Youssef M. M. A., Ameen H. H. and M. L. Asmahan. 2008. Biological Control of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* : 2- evaluation of the nematicidal effects of *Tagetes erecta* tissue culture under laboratory and greenhouse conditions. Egyptian Journal of Phytopathology 36 : 33 - 44.
- Othira J. O., Onok L. A., Deng L. A. and E. O. Omolo. 2009. Insecticidal potency of *Hyptis spicigera* preparations against *Sitophilus zeamais* (L.) and *Tribolium castaneum* (herbst) on stored maize grains. African Journal of Agricultural Research 4 (3) : 187 - 192.
- Ploeg A. T. and J. Stapleton. 2001. Glasshouse studies on the effects of time, temperature and amendment of soil with broccoli plant residues on the infestation of melon plants by *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. Nematology 3 (8) : 855 - 861.
- Roberts P. A. and J. Thomason. 1986. Variability in reproduction of isolates of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on resistant tomato genotypes. Plant Disease 70 : 547 - 551.
- Rodriguez-Kabana R. 1986. Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. Journal of Nematology 18 (2) : 129 - 135.
- Sanchez de Viala S., Brodie B. B., Rodriguez E. and D. M. Gibson. 1998. The potential of Thiarubrine C as a nematicidal agent against plant-parasitic nematodes. Journal of Nematology 30 (2) : 192 - 200.
- Sawadogo A., Thio B. et H. L. Kini. 1993. Estimation des pertes causées par les nématodes au maïs pluvial et à la tomate subséquente sur un maraîcher de l'ouest du Burkina-faso. Rapport final du Projet BF 91-06. Laboratoire de protection des végétaux. Bobo- Dioulasso, (Burkina-Faso), 29 p.
- Siddiqui M. A. and M. M. Alam. 1988. Control of parasite nematode by *Tagetes tenuifolia*. Review of Nematology 11 (3).

- Sikora R. A., Greco N. and J. F. V. Silva. 2005. Nematode parasites of food legumes. *In* : Luc M, Sikora RA, Bridge J, 2nd Edition, Eds. Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. Eastbourne (UK) : CAB International, pp. 259 - 302.
- Sikorra R A. and E. Fernández. 2005. Nematode Parasites of Vegetables *In* : M. Luc, R. A. Sikora and J. Bridge (Eds.). Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. Wallingford (UK) : CAB International: pp. 319 - 392.
- Thoden T. C., Hallmann J. and M. Boppré. 2009. Effects of plants containing pyrrolizidine alkaloids on the northern root-knot nematode *Meloidogyne hapla*. *European Journal of Plant Pathology* 123 : 27 - 36.
- Tsay T. T., Wu S. T. and Y. Y. Lin. 2004. Evaluation of Asteraceae plants for control of *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology* 36 (1) : 36 - 41.
- Valdez R. B. 1978. Nematodes attacking tomato and their control. 1st International Symposium on Tropical Tomato, AVRDC. 78/59, Taiwan : pp. 136 - 52.
- Van Berkum J. A. and I. Hoestra. 1979. Practical aspects of the chemical control of nematodes in soil. *Soil Disinfestations*, 53 - 154.
- Wang K. H., Sipes B. S. and D. P. Schmitt. 2002. Management of *Rotylenchulus reniformis* in pineapple, *Ananas comosus*, by intercycle cover crops. *Journal of Nematology* 34 : 104 - 114.
- Widner T. L. and G. S. Abawi. 2000. Mechanism of suppression of *Meloidogyne hapla* and its damage by a green manure of Sudan grass. *Plant Disease* 84 (5) : 562 - 568.
- Williams L. A. D., Vasques E., Reid W., Porter R. and Kraus W. 2003. Biological activities of an extract from *Cleome viscosa* L. (Capparaceae). *Naturwissenschaften* 90 : 468 - 472.