

ACTIVITE NEMATICIDE DE QUELQUES HUILES ESSENTIELLES CONTRE *MELOIDOGYNE INCOGNITA*

S. Sellami, A. Mezrket et T. Dahmane

Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, 16200 Alger, Algérie

Résumé. Une étude a été menée afin de déterminer l'effet *in vitro* des différentes concentrations (50-800 µl/l) de l'huile essentielle extraite à partir des feuilles de *Salvia officinalis*, *Origanum glandulosum* et *Artemisia herba alba* sur la mortalité des juvéniles après une période de 24, 48 et 72 heures d'exposition, et l'éclosion des oeufs de *Meloidogyne incognita* maintenue dans les mêmes solutions pendant 12 jours. Ces effets sont comparés à un témoin et le nématicide fénamiphos à 332 µg/l. Les DL₅₀s sont aussi calculées pour les deux effets. Les résultats montrent que les huiles testées tuent les larves du deuxième stade et inhibent l'éclosion des oeufs de *M. incognita* dont l'effet varie selon la nature de l'huile, le temps d'exposition et la concentration. Le pourcentage de mortalité des larves de deuxième stade du nématode varie entre 16,6 à 66,7 pour *S. officinalis*, 31,5 à 100 pour *O. glandulosum* et 27,7 à 100 pour *A. herba alba*, et de 62 à 74,6 pour le fénamiphos. Le pourcentage d'inhibition de l'éclosion cumulative des oeufs est compris entre 12,4-58,5, 26,7-70,3 et 18,2-62,8, respectivement pour les huiles essentielles de les trois plantes et de 63,5 à 68,9 pour le fénamiphos. Les DL₅₀ pour la mortalité des larves après 72 heures et l'éclosion des oeufs après 12 jours sont de 89,7 et 57,1, 105,3 et 86,3 et 232,3 et 120 µl/l, respectivement, pour les huiles de *O. glandulosum*, *A. herba alba* et *S. officinalis*. Cette étude est complétée par des analyses phytochimiques (screening-chimique) de ces trois plantes afin de déterminer les principaux composés communs.

Mots clés: Extraits de plantes, inhibition de l'éclosion, mortalité des larves, nématode à galle.

Summary. Nematicidal activity of some essential oils against *Meloidogyne incognita*. Investigations were undertaken to assess the effect *in vitro* of different concentrations (50-800 µl/l) of essential oils from leaves of *Salvia officinalis*, *Origanum glandulosum* and *Artemisia herba alba* on the mortality of juveniles after 24, 48 and 72 hours of exposure, and hatching of eggs of *Meloidogyne incognita* maintained in the same test solutions for 12 days. These effects were compared with those of control solutions and fenamiphos at 332 µg/l. LD₅₀s were also calculated for both effects. The results showed that the oils tested killed second stage juveniles and suppressed hatching of *M. incognita*, with these effects varying with the nature of the oil, time of exposure and concentration. Percentage mortalities of second stage juveniles of the nematode varied from 16.6 to 66.7 for *S. officinalis*, 31.5 to 100 for *O. glandulosum*, and 27.7 to 100 for *A. herba alba*, and from 62 to 74.6 for fenamiphos. Percentage inhibitions of cumulative egg hatch were in the ranges 12.4-58.5, 26.7-70.3, and 18.2-62.8 for the essential oils of the three plant species, respectively, and 63.5-68.9 for fenamiphos. LD₅₀s for juveniles mortality after 72 hours and egg hatching after 12 days were 89.7 and 57.1, 105.3 and 86.3, and 232.3 and 120 µl/l for the essential oils of *O. glandulosum*, *A. herba alba* and *S. officinalis*, respectively. The study was completed by phytochemical analysis (screening) of leaves of these plants to determine the groups of secondary metabolites.

Keywords: Egg hatch suppression, juvenile mortality, plant extracts, root-knot nematode.

En Algérie les cultures maraîchères occupent une place importante dans l'économie du pays et ont connu une évolution considérable ces dernières années pour atteindre une superficie de 372.096 ha (Anonyme, 2006). Cependant, l'intensification de ces cultures a favorisé le développement des bioagresseurs. Parmi ces derniers, en Algérie, les nématodes à galle, *Meloidogyne* spp., constituent le groupe le plus redoutable sur cultures maraîchères aussi bien sous abri plastique qu'en plein champ (Lamberti *et al.*, 1975; Sellami *et al.*, 1999). Les pertes agricoles mondiales attribuables à l'infestation par ce nématode varient en moyenne de 14% (Agrios, 2005) à 25% (Whitehead, 1998).

En Algérie, le recours aux nématicides reste le moyen le plus utilisé par les agriculteurs pour désinfecter le sol. Ces produits posent de sérieux problèmes, ils empoisonnent non seulement les plantes mais laissent également des résidus très toxiques pour les consommateurs,

et polluent les nappes phréatiques (Cayrol *et al.*, 1992). Ainsi, l'intérêt actuel de préserver l'environnement pour une agriculture durable nécessite la recherche de procédés alternatifs. Les biopesticides à base de microorganismes ou de plantes constituent une voie de recherche intéressante vu les avantages écologiques qu'elle présente. Ces plantes produisent des substances actives biochimiques, spécialement les huiles essentielles. Ces dernières sont souvent un mélange complexe de différents composés dotés de propriétés antioxydantes (Ruberto *et al.*, 2002), fongicides (Oxenham *et al.*, 2005), bactéricides (Ben Hamida *et al.*, 2001) insecticides (Khalfi *et al.*, 2008), herbicides (Singh *et al.*, 2005) et nématicides (Leela *et al.*, 1992; Oka *et al.*, 2000).

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail dont l'objectif consiste à déterminer l'effet nématicide de quelques huiles essentielles obtenues à partir de trois plantes très répandues en Algérie: *Salvia officinalis* L.,

Origanum glandulosum Desf et *Artemisia herba alba* Asso sur la mortalité des larves et le potentiel l'éclosion des œufs de *M. incognita* (Kofoid et White) Chitw. *in vitro*. A cet effet, Oka *et al.* (2000) signalent que les huiles essentielles qui contiennent le carvacrol (cas de l'origan) sont plus efficaces que celles qui contiennent le thymol (cas du thym) ainsi, l'éclosion vis à vis de *M. javanica* (Treub) Chitw. en présence du carvacrol est inhibée à une concentration de 125 contre 500 µl/l en présence du thymol. De même, Pandey (2004), rapporte que *M. incognita* est très sensible aux huiles essentielles riches en carvone, limonène et de l'nyl acétate en provoquant une inhibition maximale de l'éclosion des larves aux doses de 125, 250, 500 et 1000 ppm après une période d'exposition de 120 heures. D'autre part, les extraits aqueux de *Origanum floribudum* Munby et *Salvia officinalis* provoquent respectivement une mortalité des larves de *M. incognita* de 100% et 81% aux concentrations de 100% après 72 heures et une inhibition de l'éclosion des oeufs de 82% et 56% après 16 jours d'exposition (Sellami et Mezrket, 2006).

Enfin, cette étude est complétée par des analyses phytochimiques (screening-chimique) de ces trois plantes pour déterminer les métabolites secondaires.

MATERIELS ET METHODES

Matériel biologique. Entre les plantes testées *O. glandulosum* et *S. officinalis* proviennent respectivement de Bejaïa et d'Alger et *A. herba alba* de Batna (Est du pays). Le nématode *M. incognita* est obtenu à partir d'un élevage maintenu sous serre sur une culture de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Marmande.

Méthode d'extraction des huiles essentielles et screening chimique. La méthode d'extraction des huiles essentielles que nous avons utilisé est l'hydrodistillation à partir de la matière sèche par le biais d'un appareil de type Clevenger modifié et l'huile essentielle a été séparée par différence de densité (Bruneton, 1993). Afin de mettre en évidence la composition chimique en métabolites secondaires, les tests phytochimiques (screening chimique) ont été réalisés sur la poudre du broyat, soit sur un infusé. Les techniques retenues et la classification de leurs résultats sont celles préconisées par Bruneton (1999).

Activité nématocide des huiles essentielles sur larves. Des larves du deuxième stade de *M. incognita* obtenus à partir des masses d'œufs issues d'un élevage âgées de 24 à 48 heures ont été placées dans des boîtes quadrillées de 5 cm de diamètre à raison de 100 juvéniles (L2) par boîte contenant 5 ml de chacune des huiles essentielles à des concentrations de 50, 100, 200, 400, et 800 µl/l préparées à partir de la solution mère par dilution dans l'éthanol à 10% et 3% de tween 20 (Oka *et al.*, 2000). Pour chaque traitement, nous avons réalisé trois répétitions. Le taux de mortalité est déterminé

après 24, 48 et 72 heures. Le comptage des larves mortes a été fait à l'aide d'un compteur sous loupe binoculaire. Les larves sont considérées comme mortes quand on les pique avec une aiguille, elles restent raides et immobiles. L'effet de ces huiles essentielles est comparé aux témoins représentés par des solutions d'éthanol 10% et du tween 20 et de solutions du nématocide Némacur à 10% de matière active (Ma) (fénamiphos) à un dose de 332 µg Ma/l. Les résultats sont exprimés en pourcentage de mortalité corrigé (MC%) selon la formule de Finney (1971)

$$MC\% = \frac{M2 - M1}{100 - M1} \times 100$$

ou M1 est le pourcentage de mortalité observé dans le témoin et M2 le pourcentage de mortalité observé dans la population traitée.

Activité nématocide des huiles essentielles sur masses d'œufs. Des masses d'œufs prélevées à partir de racines de tomates infestées par *M. incognita* sont placées à raison d'une masse d'œuf par éclosoir contenant 5 ml de chacune des huiles essentielles à des concentrations de 50, 100, 200, 400, 800 µl/l et du témoin (éthanol + tween) ainsi que la solution nématocide du fénamiphos à une dose de 332 µg/l.

Pour chaque traitement quatre répétitions ont été réalisées. Le comptage des larves éclos a été effectué après 01, 04, 08 et 12 jours sous loupe binoculaire. Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition de l'éclosion.

Détermination de la DL₅₀. Les données des pourcentages de mortalité sont transformées en probit et les DL50 sont calculées pour chaque huile essentielle et pour les trois périodes d'exposition pour une meilleure comparaison de l'activité nématocide.

Analyse statistique. Les données ont été soumises à l'analyse de la variance et les moyennes sont comparées à l'aide du test de Duncan au seuil 5%. La significativité de R2 des équations des probits a été aussi déterminée.

RESULTATS

Screening chimique. D'après les résultats obtenus dans le Tableau I, nous notons que les principaux composés communs existant en grandes quantités dans les huiles essentielles de *O. glandulosum*, *S. officinalis* et *A. herba alba* sont les tanins, les tanins galliques, les saponosides suivis des flavonoïdes qui, sont plus ou moins riches. Nous signalons l'absence des anthocyanes, des leuco-anthocyanes chez toutes les plantes testées. Toutefois, les quinones libres, les coumarines et les senosides sont faiblement représentés chez *S. officinalis* et absents chez les deux autres espèces.

La présence en quantité notable des alcaloïdes est

notée seulement chez *A. herba alba*. Enfin, l'huile d'*O. glandulosum* se caractérise par sa richesse en glucosides

Activité nématocide des huiles essentielles sur larves. Les huiles essentielles des plantes testées ont montré une activité nématocide à l'égard de *M. incognita*. Cette activité augmente avec la concentration et la période

d'exposition. Ainsi, à forte dose de (800 µl/l) et après 72 heures, le pourcentage de mortalité corrigé est de 66,7% pour l'huile essentielle de *S. officinalis* et atteint 100% pour celle de *A. herba alba*. A cette même dose et après 48 heures, le taux de mortalité des juvéniles de *M. incognita* s'élève à 100% chez *O. glandulosum* (Tableau II).

Tableau I. Métabolites secondaires existant au niveau des plantes testées.

Composés chimiques	<i>Salvia officinalis</i>	<i>Origanum glandulosum</i>	<i>Artemisia herba alba</i>
Anthocyanes	-	-	-
Leuco-anthocyanes	-	-	-
Tanins	+++	+++	+++
Tanins galliques	+++	+++	+++
Quinones libres	+	-	-
Saponosides	+++	+++	+++
Alcaloïdes	-	-	++
Flavonoïdes	+++	++	++
Glucosides	-	+++	-
Coumarines	+	-	-

(-): absence; (+): moyennement riche; (++) : plus ou moins riche; (+++) : très riche. D'après, Bruneton (1999).

Tableau II. Effet des huiles essentielles des plantes testées sur la mortalité de *Meloidogyne incognita*.

Plantes testées et période d'exposition (heures)	Pourcentage de mortalité corrigée (%)					
	Doses (µl/l)					
	50	100	200	400	800	
<i>Salvia officinalis</i>	24	16,61 a	26,78 b	38,64 c	47,79 d	58,97 e
	48	21,50 a	36,17 b	43,33 c	54,60 d	61,09 e
	72	28,46 a	42,01 b	45,47 c	57,97 d	66,66 e
Nématocide (némacur)	24	63,39 e				
	48	68,26 e				
	72	72,22 e				
Témoin (éthanol + tween)	24	1,66 g	-	-	-	-
	48	2,33 h	-	-	-	-
	72	4,00 i	-	-	-	-
<i>Origanum glandulosum</i>	24	31,52 a	36,27 b	53,55 c	70,84 d	81,35 e
	48	33,91 a	46,02 b	60,56 c	76,81 d	100 e
	72	40,42 a	50,87 b	71,42 c	84,67 d	100 e
Nématocide (némacur)	24	62,04 f				
	48	66,78 c				
	72	73,17 c				
Témoin (éthanol + tween)	24	1,66 g	-	-	-	-
	48	3,66 h	-	-	-	-
	72	4,33 i	-	-	-	-
<i>Artemisia herba alba</i>	24	27,69 a	33,77 b	50,67 c	67,56 d	80,39 e
	48	31,05 b	38,22 b	61,09 b	73,71 d	92,48 e
	72	35,39 c	41,91 c	64,59 c	79,03 d	100 e
Nématocide (némacur)	24	63,18 d				
	48	67,92 d				
	72	74,57 d				
Témoin (éthanol + tween)	24	1,33 g	-	-	-	-
	48	2,33 h	-	-	-	-
	72	3,00 i	-	-	-	-

Chaque chiffre représente la moyenne de trois répétitions.

Les moyennes d'une même ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil 5% selon le Test de Duncan.

Aux doses moyennes de 200 $\mu\text{l/l}$ et 400 $\mu\text{l/l}$, après 72 heures d'exposition, les pourcentages de mortalité dépassent les 60% pour *O. glandulosum* et *A. herba alba*. A une dose de 400 $\mu\text{l/l}$, le taux de mortalité de l'huile de *S. officinalis* dépasse les 50% après 48 heures d'exposition. A faible dose (50 $\mu\text{l/l}$), la mortalité après 72 heures d'exposition est inférieure à 50% quelque soit l'huile testée.

Pour les témoins, la majorité des larves sont restées vivantes; seulement 1,3% à 4,3% sont inactives. Avec le traitement à la dose de 332 $\mu\text{g/l}$ de fénamiphos, le pourcentage de mortalité est supérieur à 60% et dépasse 72% respectivement après 24 et 72 heures. L'analyse statistique a révélé une différence significative pour tous

les traitements par rapport au témoin, cependant le traitement avec le fénamiphos a montré une différence non significative avec le traitement des huiles essentielles testées à la dose 800 $\mu\text{l/l}$ exceptée pour l'huile de *S. officinalis*. A la dose 400 $\mu\text{l/l}$, une différence non significative est enregistrée pour huile de *A. herba alba* (Tableau II)

Enfin, les valeurs des calculs des DL_{50} consignées dans le Tableau III. ont révélé que celles-ci diminuent avec l'augmentation de la période d'exposition. A titre d'exemple, pour l'origan les DL_{50} obtenues après 24, 48 et 72 heures sont respectivement de 153,2; 106,7 et 89,7. Toutefois, le coefficient de corrélation est significatif du fait que le R^2 est supérieur à 0,795 (Fig. 1).

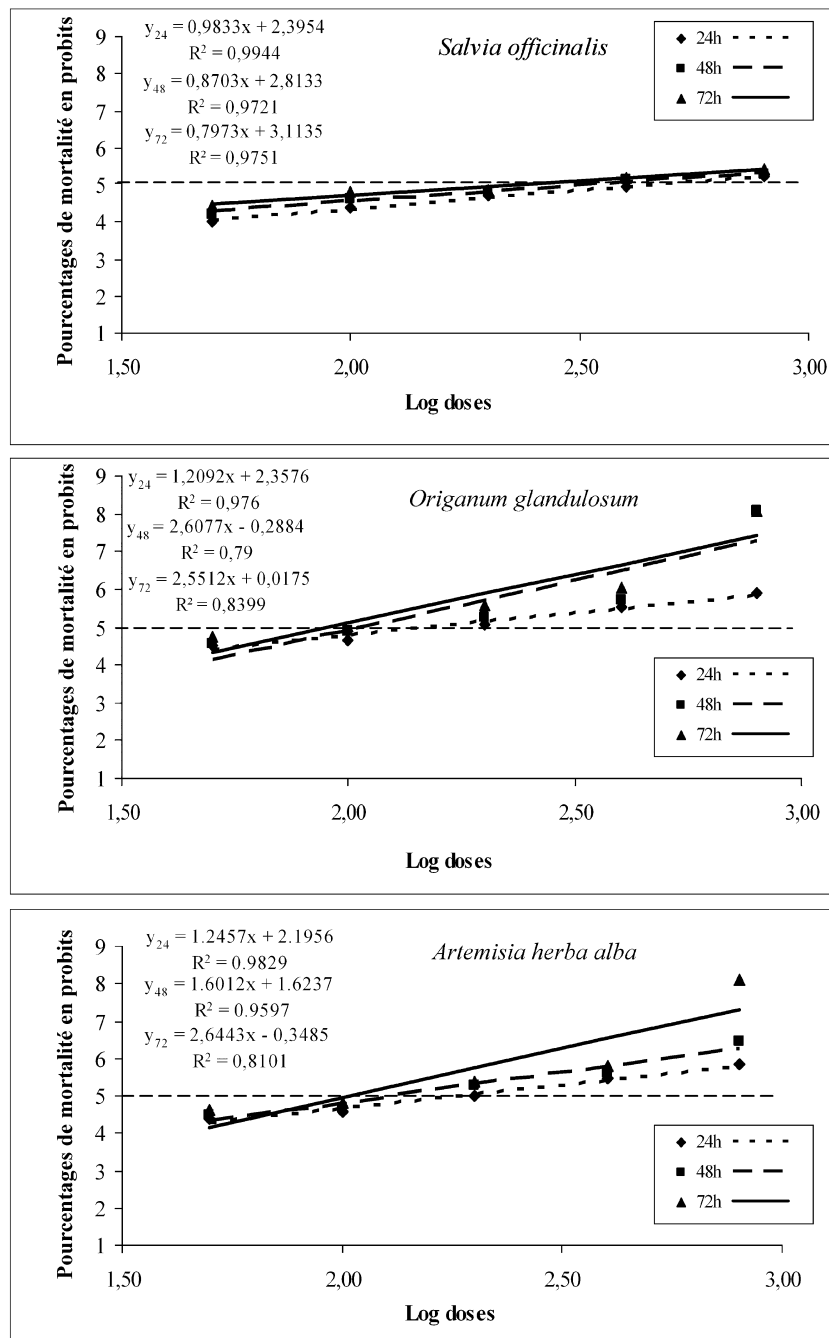


Fig. 1. Droites de régression des probits à différentes doses des trois huiles essentielles testées sur la mortalité des larves (L2) de *Meloidogyne incognita*. Dans chaque équation, la valeur en dessous de y correspond au temps d'exposition.

Tableau III. DL₅₀s (µg/l) de l'effet des huiles essentielles des différentes plantes sur la mortalité des juvéniles de *M. incognita* après les trois périodes d'exposition.

Plantes testées	Période d'exposition (heures)		
	24	48	72
<i>Salvia officinalis</i>	445,5	325,5	232,3
<i>Origanum glandulosum</i>	153,2	106,7	89,7
<i>Artemisia herba alba</i>	178,3	128,4	105,3

Activité nématocide des huiles essentielles sur masses d'œufs. En ce qui concerne l'effet des huiles testées sur l'éclosion des œufs, les résultats consignés dans le Tableau IV montrent qu'aux fortes doses (800 µl/l), le taux d'inhibition de l'éclosion le plus élevé a été noté pour l'huile essentielle d'*O. glandulosum* avec 70,3% suivi de celles de *A. herba alba* (62,8%) et *S. officinalis* (58,5%).

Aux doses moyennes de 200 µl/l et 400 µl/l, le pourcentage d'inhibition de *O. glandulosum* est respectivement de 50,2% à 57,9%, cependant, l'huile essentielle de *A. herba alba* relevé est de 49% à 400 µl/l. A 100 µl/l et 50 µl/l ces huiles manifestent un taux

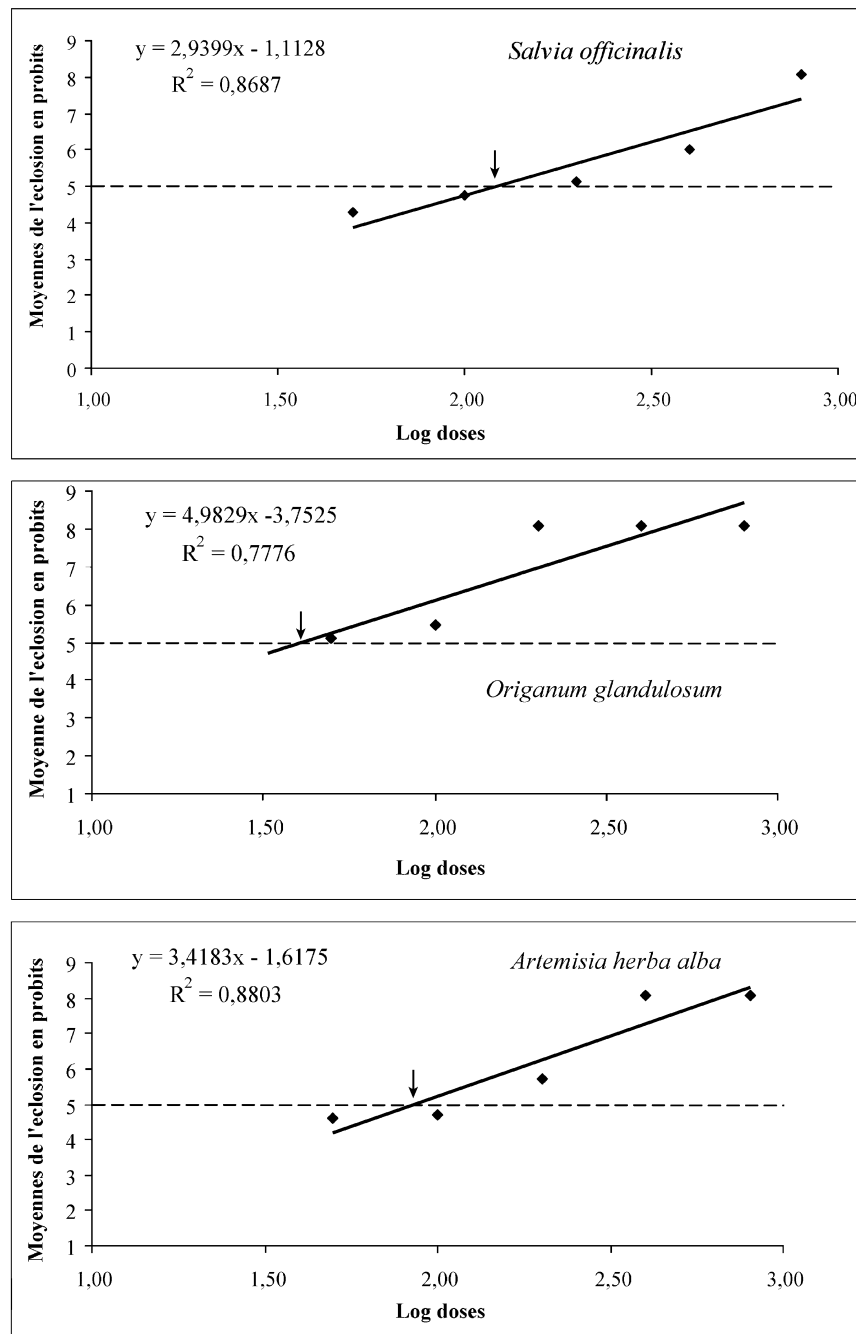


Fig. 2. Droites de régression des probits à différentes doses des trois huiles essentielles testées sur l'éclosion des œufs de *M. incognita* après 12 jours d'incubation. Les flèches indiquent les DL₅₀.

d'inhibition inférieur à 50%. Le traitement chimique avec le némacur diminue l'éclosion de *M. incognita* de 63 à 68%. L'analyse statistique a montré que le némacur a présenté un effet similaire avec d'*O. glandulosum* et *A. herba alba* aux doses 400 et 800 µl/l. En revanche, cet effet a été observée pour *S. officinalis* (Tableau IV). Les DL₅₀ des huiles essentielles sur l'éclosion des oeufs après 12 jours d'exposition sont respectivement de 57,1 µl/l; 86,3 µl/l et 120 µl/l pour *O. glandulosum*, *A. herba alba* et *S. officinalis* (Tableau III). De même, le coefficient de corrélation est significatif en raison d'un R² supérieur à 0,70 (Fig. 2).

DISCUSSION

L'analyse des données a montré l'efficacité des huiles essentielles testées vis-à-vis de *M. incognita*, qui est attribuée à la richesse de ces huiles en composés comme les tanins, les saponosides, et flavonoïdes; en plus de ces composés, *O. glandulosum* et *A. herba alba* sont caractérisés respectivement par une richesse en glucosides et alcaloïdes (Tableau III). Ces constituants possèdent une activité nématocide à l'égard de nombreux nématodes phytophages et particulièrement contre les *Meloidogyne* spp. (Chitwood, 2002; El Allagui *et al.*, 2006; Wuyts *et al.*, 2006).

Par ailleurs, Chikhoun (2004) a identifié le carvacrol et le thymol comme composés majeurs chez l'huile d'*O. glandulosum* émanant de Bejaia. De même, l'identification des composés de l'huile d'*A. herba alba* en provenance de M'sila (Est d'Algérie) a montré que les monoterpènes sont majoritaires avec 86.1% (Dob et Ben Abdelkader, 2006). En effet, Wuyts *et al.* (2006) rapportent que les phénylpropanoïdes (flavonoïdes et phénols

simples) et les monoterpénoïdes comme le thymol, les alcaloïdes (indole et quinone) réduisent la population des larves de *Radopholus similis* (Cobb) Thorne et *M. incognita* et inhibent leurs éclosions.

Comparativement aux insectes où ces huiles essentielles peuvent agir comme des fumigants toxiques grâce à leur grande volatilité, et étant lipophiles, ils peuvent pénétrer dans la cuticule rapidement et interfèrent ainsi avec leur fonctions physiologiques (Negahban *et al.*, 2006). Chez les nématodes le mode d'action des huiles n'est pas très connu, des hypothèses sont avancées qu'ils peuvent agir au niveau du système nerveux ou encore perturber la cuticule du nématode en changeant ainsi sa perméabilité (Oka *et al.*, 2000).

Plusieurs travaux ont signalé l'efficacité des huiles essentielles vis-à-vis des nématodes. Ainsi, l'huile essentielle de *Pelargonium graveolens* L. (*Geraniaceae*) est efficace vis-à-vis de *M. incognita* avec un taux de mortalité de 100% à une concentration de 826 µl/l (Leela *et al.*, 1992). De même, Perez *et al.* (2003) rapportent l'activité nématocide de l'huile de *Chrysanthemum coronarium* L. vis-à-vis de *M. artiellia* Franklin. D'autre part, nous signalons que le traitement chimique (fénamiphos) a un effet similaire que celui des huiles testées à la concentration de 400 µl/l.

Le calcul des DL₅₀ de la mortalité et l'éclosion des larves vis-à-vis de *M. incognita* montrent que celles-ci sont plus faibles pour l'origan que l'armoise et la sauge, de ce fait, l'huile de *O. glandulosum* s'est révélé la plus efficace, étant donné qu'après 72 heures d'exposition sa DL₅₀ de mortalité est de 89,7 µg/l et représente seulement le 39% et le 85% de *S. officinalis* et *A. herba alba*, respectivement. Enfin, ces résultats méritent d'être approfondis afin d'exploiter les potentialités de ces huiles essentielles comme biopesticide afin de remplacer les nématocides conventionnels.

Tableau IV. Effet des huiles essentielles des plantes testées sur l'éclosion des oeufs de *M. incognita*.

Huiles essentielles testées	Pourcentage d'inhibition de l'éclosion par rapport au témoin après 12 jours				
	Doses (µl/l)				
	50	100	200	400	800
<i>Salvia officinalis</i>	12,45 a	20,80 ab	28,05 b	43,53 c	58,52 d
Nématocide (némacur)	65,66 d	-	-	-	-
Témoin (éthanol+tween)	-	-	-	-	-
<i>Origanum glandulosum</i>	26,67 a	33,58 b	50,19 c	57,87 d	70,31 e
Nématocide (némacur)	68,93 de	-	-	-	-
Témoin (Tween+ethanol)	-	-	-	-	-
<i>Artemisia herba alba</i>	18,18 a	19,78 a	38,44 b	56,49 c	62,79 cd
Nématocide (némacur)	63,54 cd	-	-	-	-
Témoin (éthanol+tween)	-	-	-	-	-

Chaque chiffre représente la moyenne de quatre répétitions.

Pour le traitement chimique une seule dose a été étudiée.

Les moyennes d'une même ligne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil 5% selon le Test de Duncan.

LITERATURE CITEE

- Agrios G.N., 2005. Plant diseases caused by nematodes. In: Plant pathology, 5 edition. Elsevier. Academi Press, San Diego, California, USA, 922 pp.
- Anonyme, 2006. *Statistique agricole: Superficie et production, Série B*. Ministère de l'agriculture, 64 pp.
- Ben Hamida M.M., Ben-Azzedine N. et Abdelkefi M.M., 2001. Antibacterial screening of *Origanum marjorana* L. oil from Tunisia. *Journal of Essential Oil Research*, 13: 295-297.
- Bruneton J., 1999. *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 2^{ème} Ed. Lavoisier, Paris, France, 384 pp.
- Cayrol J.C., Djian C., Panchaud-Mattei E., Frankowski J.P. et Pijarowski L., 1992. Lutte biologique contre les nématodes phytoparasites: possibilités actuelles et perspectives. *Bulletin d'information de Zoologie*, No. 7: 56-62.
- Chikhoun A., 2004. Huiles essentielles d'espèces endémiques algériennes de thym et d'origan: composition chimique et activité antioxydantes sur une huile alimentaire. *Thèse d'Ingénieur en Agronomie. Institut National Agronomique*, El-Harrach, Algérie, 97 pp.
- Chitwood D.J., 2002. Phytochemical based strategies for nematodes control. *Annual Review of Phytopathology*, 40: 221-249.
- Dob T., Benabdelkader T., 2006. Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba alba* Asso grown in Algeria. *Journal of Essential Oil Research*, 4091: 6.
- El Allagui N., Bourijate M., Tahrouche S. et Hatimi A., 2006. Effet de cinq extraits végétaux sur *Meloidogyne spp.* de la tomate. Congrès International de Biochimie, Substance Naturelles et Environnement. 9-12 Mai, Agadir, Maroc. Société Marocaine de Biochimie et Biologie, 425 pp.
- El Yadini A., Adibi F., El Azzouzi M., Dahchour A., Zouaoui A., Mrabet M. et El Hajjaji S., 2009. Etude de la dégradation du phénamiphos en milieu aqueux. Colloque International sur la gestion des risques phytosanitaires. Vol 1, 9-11 nov., Marrakech, Maroc, 417 pp.
- Finney D.J., 1971. *Probit analysis*, 3rd Ed. Cambridge University Press, London, UK, 333 pp.
- Khalfi O., Sahraoui N. Bentahar F. and Boutekedjiret C., 2008. Chemical composition and insecticidal properties of *Origanum glandulosum* (Desf) essential oil from Algeria. *Journal Science of Food and Agriculture*, 88: 1562-1566.
- Lamberti F., Greco N. et Zaouchi H., 1975. A nematological survey of date palm and other major crops in Algeria. *FAO Plant Protection Bulletin* 23(5): 3-7.
- Leela N.K., Khan R.M., Reddy P.P. et Nidiry E.S.J., 1992. Nematicidal activity of essential oil of *Pelargonium graveolens* against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Mediterranea*, 20: 57-58.
- Negahban M., Mohrramipour S. et Sefidkon F., 2006. Chemical composition and insecticidal activity of *Artemisia scoparia* essential oil against three Coleopteran stored-product insects. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 9: 381-388.
- Oka Y., Nacar S., Putievsky E., Ravid U., Yaniv Z. et Spiegel Y., 2000. Nematicidal activity of essential oils and their components against the root knot nematode. *Phytopathology*, 90: 710-715.
- Oxenham S.K., Svoboda K.P. et Walters D.R., 2005. Antifungal activity of the essential oil of basilic (*Ocimum basilicum*). *Journal of Phytopathology*, 153: 174-180.
- Pandey R., 2004. Essential oils constituents as useful source of nematicidal activity. *Nematological Abstracts*, 74: 1223-1229.
- Perez M.P., Navas-Cortes J.A., Pascual-Villalobos M.J. et Castillo P., 2003. Nematicidal activity of essential oils and organic amendments from Asteraceae against root-knot nematodes. *Plant Pathology*, 52: 395-401.
- Ruberto G., Baratta M.T., Sari M. et Kaabeche M., 2002. Chemical composition and antioxydant activity of essential oils from Algerian *Origanum glandulosum* Desf. *Flavour Fragrance Journal*, 17: 251-254.
- Sellami S., Lounici M., Eddoud et Benseghir H., 1999. Distribution et plantes hôtes associées aux *Meloidogyne* sous abri plastique en Algérie. *Nematologia Mediterranea*, 27: 295-301.
- Sellami S. et Mezrket A., 2006. Nematicidal activity of some plant leaf extracts against *Meloidogyne incognita*. 9th Arab Congress of Plant Protection, 19-23 novembre 2006, Damascus, Syrie.
- Singh H.P., Batish D.R., Setia N. et Kohli R.K., 2005. Herbicidal activity of volatile oils from *Eucalyptus citridora* against *Parthenium hysterophorus*. *Annals of Applied Biology*, 146: 89-94.
- Whitehead A.G., 1998. *Plant nematode control*. CAB International, Wallingford, UK, 384 pp.
- Wuyts N., Swennen R. et De Waele D., 2006. Effects of plant phenol propanoid pathway products and selected terpenoids and alkaloids on the behaviour of the plant parasitic nematodes *Radopholus similis*, *Pratylenchus penetrans* et *Meloidogyne incognita*. *Nematology*, 8: 89-101.

