

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للعلوم الفلاحية الحراش – الجزائر

Ecole Nationale Supérieure Agronomique EL Harrach-Alger

MEMOIRE

En vue de l'obtention du

Diplôme de Magister en Sciences Agronomiques

Spécialité : Ecologie des communautés biologiques

**Evaluation de l'efficacité des huiles essentielles de quelques
plantes contre *Meloidogyne incognita*
(White et Kofoid, 1919) Chitwood 1949
(*Nematoda* : *Meloidogynidae*)**

par : M^{elle}. MEZERKET Amina

Jury :

Président :	M. BOUZNAD Z.	Professeur	ENSA Alger
Directeur de Thèse :	M^{me} SELLAMI S.	Maitre de conférences	ENSA Alger
Examineurs :	M^{me} KHALFI O.	Maitre de conférences	ENSA Alger
	M. MOKABLI A.	Maitre de conférences	ENSA Alger

Année Universitaire : 2008- 2009

Remerciements

Je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné la volonté, le pouvoir, la puissance et surtout la patience à terminer ce travail.

Nombreux sont ceux qui n'ont épargné aucun effort pour mener à bien ce travail :

Je témoigne en premier lieu mon énorme gratitude à ma promotrice Madame SELLAM S., Maître de conférences au département de Botanique pour m'avoir assisté et guidé, pour ses précieux conseils, pour ses encouragements permanents et surtout pour tout ce qu'elle a apporté directement et indirectement à ma formation.

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur SELLAM M. Professeur au département de Zoologie pour m'avoir donné l'occasion de poursuivre mes études de post graduation en Ecologie des Communautés Biologiques, de m'avoir autorisé à travailler dans son laboratoire, pour sa confiance, sa gentillesse et son aide, qu'il trouve là mes profonds remerciements.

Mes sincères remerciements vont à Monsieur BOUZNAD Z., Professeur au département de Botanique, pour avoir accepté de présider mon jury.

Mes remerciements les plus chaleureux vont à Madame KHALFI O., Maître de conférences au département de Zoologie pour l'honneur qu'elle me fait en participant à ce Jury, et pour tous les conseils et pour l'aide qu'elle m'a aimablement fournit.

Je remercie vivement Monsieur MOKABLI A, Maître de conférences au département de zoologie pour l'honneur qu'il me fait en participant à ce Jury.

J'exprime toute ma gratitude à Monsieur BENZARA M. enseignant au département de zoologie, à Monsieur MANSOURI D. et Monsieur SELLAM F. enseignants aux départements de génie rural pour m'avoir efficacement aidé à faire les analyses statistiques.

Aux professeurs qui ont contribué à ma formation lors de mon passage à mes études en spécialité des communautés biologiques, je les remercie vivement et je leur souhaite tout le bonheur, succès et santé dans leur vie.

Généreusement reconnaissante, je prie Allah le tout puissant de bénir mes collègues de la promotion Magistères Ecologie des communautés biologiques, de les guider vers le succès dans leurs vies professionnelles et d'en faire la fierté de l'Algérie.

Enfin, j'exprime toute ma reconnaissance à l'égard de tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidé d'une manière ou d'une autre dans l'élaboration de ce mémoire.

Amina

Dédicace

Aux deux êtres qui ont toujours fait ma joie et mon bonheur, offert amour et tendresse, sur lesquels j'ai toujours compté qui ont fait richesse de mon âme, qui m'ont toujours ouvert leurs cœur et toujours rassurer : ma mère et mon père.

A mon adorable neveu : Zine Eddine.

A mes sœurs et frères

A mes amies.

A toute ma promotion Ecologie des communautés biologiques.

Je dédie ce modeste travail.

Amina

Sommaire

Introduction.....	2
Première partie : Données bibliographiques	
Chapitre I : Généralités sur les nématodes du genre <i>Meloidogyne</i>	
Introduction.....	6
1. Position systématique.....	7
2. Description des <i>Meloidogyne</i>	7
3. Cycle des <i>Meloidogyne</i>	10
4. Symptomatologie, dégâts et seuil de nuisibilité.....	12
4.1 Symptômes sur la partie souterraine.....	12
4.2 Symptômes sur la partie aérienne.....	12
5. La lutte contre les <i>Meloidogyne</i>	14
5.1 Les mesures prophylactiques.....	14
5.2 Les méthodes culturales.....	14
5.3 La lutte génétique.....	14
5.4 Les méthodes chimiques... ..	15
5.5 Les méthodes physiques.....	15
5.6 La lutte biologique	16
5.7 La lutte intégrée.....	19
Chapitre II : Les huiles essentielles	
Historique.....	21
1-Définition des huiles essentielles.....	21
2-Répartition et localisation des huiles essentielles.....	22
3-Compositions chimiques des huiles essentielles.....	22
4-Propriétés physiques des huiles essentielles.....	23
5-Facteurs de variabilité des huiles essentielles.....	23
6-Les différents procédés d'extraction.....	23
6.1 Expression à froid.....	24
6.2 Extraction par solvants.....	24
6.3 Extraction par hydrodistillation et entraînement à la vapeur d'eau.....	25
6.4 Extraction par le CO ₂ à l'état supercritique.....	25
7-Qualité des huiles essentielles.....	25
8-Toxicité des huiles essentielles.....	25
9-Utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les ennemis des cultures.....	26
9.1-Contre les insectes.....	26
9.2-Contre les acariens.....	27
9.3-Contre les adventices et les phanérogames parasites.....	27
9.4-Contre les bactéries.....	27
9.5-Contre les champignons.....	28
9.6-Contre les nématodes.....	28
10-Domains d'utilisation des huiles essentielles.....	29
Deuxième partie : Partie expérimentale	
Chapitre I: Matériels et méthodes	
Objectif.....	32

I. Matériels et Méthodes

1. Matériel biologique : le nématode.....	32
2. Matériel végétal.....	33
3. Le produit chimique.....	33
4. Extraction des huiles essentielles à partir des plantes:.....	34
5- Les traitements	36
6- Effet des différentes huiles essentielles sur la mortalité des larves (L2) de <i>Meloidogyne incognita</i>	37
7. Effet des différentes huiles essentielles sur l'éclosion des œufs de <i>Meloidogyne incognita</i>	38
8. Effet de l'huile essentielle de l'Origan (<i>Origanum glandulosum</i>) sur le développement de <i>Meloidogyne incognita</i> sur tomate.....	39
9- Tests phyto-chimiques préliminaires (le screening phytochimique).....	46

Troisième partie: Résultats et discussion

I- Résultats

1- Effet des huiles essentielles sur la mortalité de <i>Meloidogyne incognita</i>	51
2-Effet des huiles essentielles sur l'éclosion des <i>Meloidogyne incognita</i>	60
3- Les métabolites secondaires des huiles essentielles (Screening chimique).....	64
4- Effet de l'huile essentielle de <i>Origanum glandulosum</i> sur le développement de <i>Meloidogyne incognita</i> sur Tomate.....	65
4.1- Effet de l'huile essentielle de <i>Origanum glandulosum</i> sur le nombre de nématodes dans les racines.....	65
4.2- Effet de l'huile essentielle de <i>Origanum glandulosum</i> sur le nombre de nématodes dans le sol	67
4.3-Effet de l'huile essentielle de <i>Origanum glandulosum</i> sur l'indice de galle.....	69
4.4-Effet de l'huile essentielle de <i>Origanum glandulosum</i> sur la croissance des plants.....	71
4.5- Effet de l'huile essentielle de <i>Origanum glandulosum</i> sur le poids frais du système racinaire.	74

II. Discussion	75
-----------------------------	----

Conclusion	83
-------------------------	----

Références bibliographiques	86
--	----

Annexes

Liste des tableaux :

	page
Tableau I : Caractéristiques des nématicides utilisés (le Mocap et le Némacur)	34
Tableau II : Résultats des DL50 pour la mortalité des larves de <i>Meloidogyne incognita</i> après 72 heures d'exposition.....	53
Tableau III : Effet des huiles essentielles des plantes testées sur la mortalité des larves (L2) de <i>Meloidogyne incognita</i>	54
Tableau IV : Résultats des TL50 pour la mortalité des larves de <i>Meloidogyne incognita</i> pour 800 µl/l.....	57
Tableau V : Effet des huiles essentielles des plantes testées sur l'éclosion de <i>Meloidogyne incognita</i>	62
Tableau VI : Métabolites secondaires existant au niveau de plantes testées.....	64
Tableau VII : Effet de l'huile essentielle de <i>Origanum glandulosum</i> sur le développement de <i>Meloidogyne incognita</i>	66
Tableau VIII : Classement des groupes homogènes des moyennes des effectifs de <i>Meloidogyne incognita</i> par plant des différents traitements par rapport au Témoin selon le Test de Newman-Keuls.....	67
Tableau IX : Classement des groupes homogènes des moyennes des effectifs de <i>Meloidogyne incognita</i> par plant des différents traitements par rapport aux traitements chimiques: le Mocap et le Némacur selon le Test de Newman Keuls.....	67
Tableau X : Classement des groupes homogènes des moyennes des effectifs de <i>Meloidogyne incognita</i> par 250 g de sol des différents traitements par rapport au Témoin selon le Test de Newman-Keuls.....	68
Tableau XI : Classement des groupes homogènes des moyennes des effectifs de <i>Meloidogyne incognita</i> par 250g de sol des différents traitements par rapport aux traitements chimiques: le Mocap et le Némacur selon le Test de Newman-Keuls.....	69
Tableau XII : Classement des groupes homogènes des moyennes de l'indice de galle des plants des différents traitements par rapport au Témoin selon le Test de Newman-Keuls.....	70
Tableau XIII : Classement des groupes homogènes des moyennes de l'indice de galle des plants des différents traitements par rapport aux traitements chimiques: le Mocap et le Némacur selon le Test de Newman-Keuls.....	71
Tableau XIV : Effet des différents traitements sur la croissance des plants de tomate.....	72
Tableau XV : Classement des groupes homogènes des moyennes de la hauteur des plants des différents traitements par rapport au Témoin selon le Test de Newman-Keuls.....	73
Tableau XVI : Classement des groupes homogènes des moyennes de la hauteur des plants des différents traitements par rapport aux traitements chimiques: le Mocap et le Némacur selon le Test de Newman-Keuls.....	73
Tableau XVII : Classement des groupes homogènes des moyennes de poids frais du système racinaire par plant des différents traitements par rapport au Témoin selon le Test de Newman-Keuls.....	74
Tableau XVIII : Classement des groupes homogènes des moyennes de poids frais du système racinaire par plant des différents traitements par rapport aux traitements chimiques: le Mocap et le Némacur selon le Test de Newman-Keuls.....	75

Liste des figures :

	page
Figure 01 : Morphologie de <i>Meloidogyne sp</i>	9
Figure 02 : Le cycle biologique des nématodes à galles : <i>Meloidogyne sp</i>	11
Figure 03 : Figure périnéale de <i>Meloidogyne incognita</i>	32
Figure 04 : Extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation	36
Figure 05 : Test des différentes huiles essentielles sur la mortalité des larves L2 de <i>Meloidogyne incognita</i>	37
Figure 06 : Test des différentes huiles essentielles sur l'éclosion des œufs de <i>Meloidogyne incognita</i>	38
Figure 07 : Dispositif expérimental de l'essai	41
Figure 08 : Méthodes d'extraction des nématodes à partir de sol.....	44
Figure 09 : Extraction des nématodes à partir des racines.....	45
Figure 10 : Droite de régression des probits à différentes doses utilisées dans l'huile essentielle de <i>Salvia officinalis</i> sur les larves (L2) de <i>Meloidogyne incognita</i>	55
Figure 11 : Droite de régression des probits à différentes doses utilisées dans l'huile essentielle de <i>Origanum glandulosum</i> sur les larves (L2) de <i>Meloidogyne incognita</i>	55
Figure 12 : Droite de régression des probits à différentes doses utilisées dans l'huile essentielle de <i>Artemisia herba alba</i> sur les larves (L2) de <i>Meloidogyne incognita</i>	56
Figure 13 : Efficacité de l'huile essentielle de <i>Salvia officinalis</i> par rapport aux temps utilisés sur les larves (L2) de <i>Meloidogyne incognita</i>	58
Figure 14 : Efficacité de l'huile essentielle de <i>Origanum glandulosum</i> par rapport aux temps utilisés sur les larves (L2) de <i>Meloidogyne incognita</i>	58
Figure 15 : Efficacité de l'huile essentielle de <i>Artemisia herba alba</i> par rapport aux temps utilisés sur les larves (L2) de <i>Meloidogyne incognita</i>	59
Figure 16 : Nombre moyen de larves éclos de <i>Meloidogyne incognita</i> dans l'huile essentielle de <i>Origanum glandulosum</i>	63
Figure 17 : Nombre moyen de larves éclos de <i>Meloidogyne incognita</i> dans l'huile essentielle de <i>Salvia officinalis</i>	63
Figure 18 : Nombre moyen de larves éclos de <i>Meloidogyne incognita</i> dans l'huile essentielle de <i>Artemisia herba alba</i>	63

Liste des Annexes:

- Annexe 01 : Les nématicides homologués en Algérie.
- Annexe 02 : Effet des plantes nématicides utilisées contre les nématodes.
- Annexe 03 : Caractéristiques des plantes étudiées.
- Annexe 04 : Lexique thérapeutique.
- Annexe 05 Réactifs et préparations des tests phyto-chimiques préliminaires.
- Annexe 06 : Analyse de la variance de l'éclosion de *Meloidogyne incognita* : résumé de la variable dépendante concentration.
- Annexe 07 : Analyse de la variance de l'éclosion de *Meloidogyne incognita* : test de comparaison de la variable variété.
- Annexe 08 : Analyse de la variance des paramètres testés sur le développement de *Meloidogyne incognita*.

INTRODUCTION

Introduction :

Les cultures maraîchères représentent une composante indispensable dans les systèmes de culture des pays du bassin méditerranéen principalement en Algérie où elles occupent une place considérable avec une superficie de 372.096 ha et un rendement de 15,9.3 tones / ha (Anonyme, 2006).

Parmi les solanées, la tomate (*Lycopersicum esculentum*) originaire d'Amérique du sud est le légume fruit le plus consommé dans le monde grâce à sa grande valeur nutritionnelle et sa richesse en vitamine C, en minéraux et en oligoéléments ainsi que le lycopène comme ingrédient majeur qui a fait attirer beaucoup d'attention comme antioxydant significatif. Elle est adaptée à des conditions très variées et elle est destinée à la consommation fraîche où pour l'industrie.

En Algérie, la culture de la tomate se classe en deuxième position après la pomme de terre avec une superficie de 20 436 ha, une production de 5 489 336 qx et un rendement de 268.6 qx/ ha (Anonyme, 2006). Ces derniers restent faibles comparés aux rendements produits par certains pays concurrents qui atteignent respectivement 45 à 68 tones / ha pour la Tunisie et l'Italie (Medjahed, 2004).

L'intensification des cultures maraichères a favorisé le développement de nombreux bioagresseurs parmi lesquels nous citons les nématodes à galle : *Meloidogyne sp.*, ces derniers constituent le groupe le plus redoutable sur cultures maraîchères dans le monde (Deguiran, 1983; Kiewnick et Sikora, 2006a). Les dégâts sont cependant difficilement chiffrables en raison de nombreuses interactions qui existent avec d'autres pathogènes fongique et bactérien (Djian -Caporalino et *al.*, 2006).

Au niveau mondial, ils sont responsables de 14% (Agrios, 2005) à 25% de pertes agricoles (Whitehead, 1998). Il est très difficile de contrôler ces ravageurs, compte tenu de leur extrême résistance aux conditions climatiques défavorables (froid et sécheresse), de leur grande variabilité physiologique, et du fait qu'ils sont telluriques.

Les méthodes utilisées comme les pratiques culturales (utilisation de variétés résistantes, rotations, jachères) et les moyens physiques (solarisation du sol) ne peuvent être employés que dans des cas exceptionnels (Djian-Caporalino et *al.*, 2006).

La lutte biologique basée sur l'utilisation des champignons nématophages et bactéries nématoparasites n'ont pas fait l'objet jusqu'à présent de commercialisation malgré leur efficacité contre certaines espèces de nématodes (Whitehead, 1998).

Les produits chimiques représentent le moyen le plus utilisé par les agriculteurs pour désinfecter le sol. Ces derniers 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).

Selon Regnault–Rogert *al.*,(2005), l'utilisation intensive de produits phytosanitaires organiques de synthèse a engendré un essor considérable des productions agricoles et alimentaires, toutefois les désordres écologiques qui ont été constatés par la suite montrent l'urgence de la recherche des méthodes alternatives, complémentaire et innovante de protection des plantes.

Dans le but de réduire l'usage des pesticides de synthèse, les recherches se sont orientées vers l'utilisation des molécules et des huiles essentielles extraites à partir des plantes dites nématocides qui présentent de plus en plus d'intérêt du fait qu'ils possèdent des avantages écologiques.

Dans la nature, les huiles essentielles sont biodégradables, non toxiques pour l'environnement et respectent la santé du consommateur (Negahban et al., 2006). Développées pour la première fois au Moyen Age par les arabes, environ 3000 huiles essentielles sont connues actuellement dont 300 sont commercialisées spécialement dans les domaines pharmaceutique, médical, agronomique, alimentation, dans l'industrie du parfum et du cosmétique (Bakkali et al., 2008). Parmi les familles de plantes les plus étudiées nous citons: les *Meliaceae*, les *Rutaceae*, les *Asteraceae*, les *Labiaceae*, les *Piperaceae* et les *Annonaceae* (Akhtar et Isman, 2004).

Ces huiles sont un mélange complexe de différents composés; certaines sont dotées de propriétés nématocides tels que : les alcaloïdes, les phénols, les sesquiterpènes, les diterpènes et les polyacétylènes (Oka et al., 2000). De même, elles peuvent agir sur une large diversité d'espèces: insectes (*Rhizopertha dominica*) (*Coleoptera-Bostrychidae*) (Khalfi et al., 2009), champignons (*Uromyces fabae*, *Botyitis allii*) (Oxenham et al., 2005 ; Abo elnaga et Ahmed, 2006), bactéries (*Ralstonia solanacearum*) (Momol et al., 2005), les plantes parasites et les mauvaises herbes comme *Amaranthus retroflexus* et *chenopodium album* (Kordali et al., 2008).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude dont le but est de tester l'effet nématocide des huiles essentielles de trois plantes aromatiques appartenant aux familles des *Lamiaceae*: *Origanum glandulosum*, *Salvia officinalis* et des *Asteraceae*: *Artemisia herba alba* sur la mortalité et le potentiel d'éclosion des larves de *Meloidogyne incognita* et d'étudier l'effet de l'huile de *Origanum glandulosum* sur le développement du nématode sur tomate en pots.

DONNEES

BIBLIOGRAPHIQUES

Chapitre I: Généralités sur les nématodes du genre

Meloidogyne Goeldi, 1892

Introduction

Les nématodes du genre *Meloidogyne* spp. appelés communément nématodes à galles ou nématodes des racines noueuses sont les ravageurs les plus nuisibles sur cultures maraichères dans les pays tropicaux ou des climats chauds.

Ces endoparasites sédentaires sont largement répandus dans le monde et se développent sur plus de 3000 espèces végétales comprenant les cultures maraichères, ornementales et arboricoles (Castagnone-Sereno, 2002).

La présence du nématode a été signalée pour la première fois par Delassus en 1928 dans les zones maraichères de la Mitidja (Scotto La Massèse, 1962).

Ce nématode est toujours considéré comme le plus redoutable sur ces cultures, il est présent dans la quasi totalité des parcelles des zones maraichères du pays (Mokabli, 1988; Sellami et al., 1999).

Il existe plus de 80 espèces décrites dans le monde dont quatre espèces représentent une importance économique particulière (Castagnone-Sereno, 2002).

Les trois premières espèces sont inféodées aux régions à climat chaud, en revanche *M. hapla* supporte les climats plus froids, elle est très fréquente dans les pays nordiques. (Castillo et al., 2006; Agudelo et al., 2006).

- *Meloidogyne arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949

- *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949.

- *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949.

- *Meloidogyne hapla* (Chitwood, 1949).

1. Position systématique:

La classification des *Meloidogyne* que nous avons adopté est celle préconisée par Karssen et Moens, (2005).

Phylum	<i>Nematoda</i>
classe:	<i>Secernentea</i>
Ordre:	<i>Tylenchida</i>
Sous ordre:	<i>Tylenchina</i>
Super famille:	<i>Tylenchoidea</i>
Famille:	<i>Heteroderoïdae</i>
Sous famille:	<i>Meloidogyninae</i>
Genre:	<i>Meloidogyne</i> (Goeldi, 1892)

2. Description des *Meloidogyne*:

Les *Meloidogyne* sont des phytoparasites vivants à l'intérieur des racines de la plante hôte; ils sont caractérisés par un dimorphisme sexuel très prononcé (Figure1). Ce sont des vers microscopiques de forme cylindrique et allongée à symétrie bilatérale dont le corps est enfermé d'une cuticule assez résistante (Raynal et *al.*, 1989).

La tête comprend une bouche à l'intérieur de laquelle peut se mouvoir un stylet d'une longueur de 16µm qui perce les tissus végétaux et permet au nématode de se nourrir.

Ce stylet est suivi d'un canal œsophagien aboutissant à un bulbe musculéux puissant permettant sa projection vers l'avant (Cayrol et *al.*, 1993).

Au stade adulte, la femelle avec un cou distinct possède un corps mou de couleur blanchâtre et piriforme d'environ 0,5 mm de diamètre et 0,8 mm de longueur, elle est sédentaire et fixée au système racinaire de l'hôte (Ritter, 1971).

Les mâles sont mobiles et généralement rares, ils sont filiformes de longueur allant de 1 à 3µm, la tête est arrondie munie d'un stylet court et puissant avec des renflements basaux très marqués. Leur action est secondaire sur l'hôte (Taylor, 1968; Hooper et Evans 1993).

La larve du deuxième stade libre dans le sol constitue le stade infestant, elle est vermiforme à extrémité postérieure effilée, sa longueur varie de 300 à 500 μ tandis que la largeur est de 10 μ environ. Le stylet fin est composé de renflements basaux et possède un bulbe médian bien développé (Taylor, 1968; Whitehead, 1998).

Les œufs en forme d'haricot mesurent 90 μ m de longueur et 40 μ m de largeur (Orton, 1973).

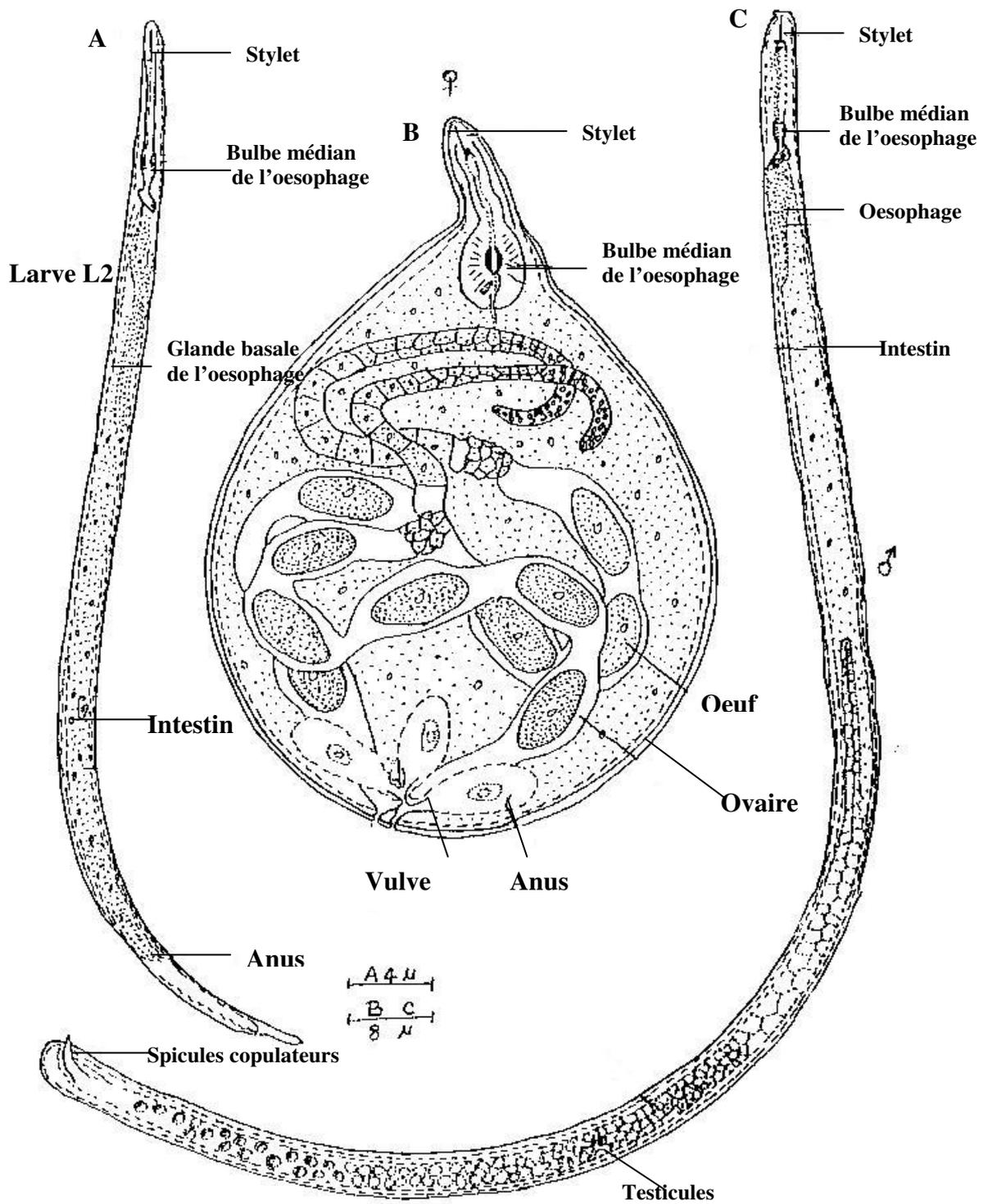


Figure1 : Morphologie des *Meloidogyne* sp. (De Guiran et Netscher, 1970)

3. Cycle des *Meloidogyne* :

Le cycle de développement des *Meloidogyne* (Figure 2) s'effectue dans le système racinaire de la plante hôte (De Guiran, 1983).

L'éclosion des œufs libère des larves de deuxième stade qui constituent le stade infestant du parasite. Elles se déplacent rapidement dans le sol.

Lorsqu'elles rencontrent une racine, elles percent celle-ci près de l'extrémité et pénètrent en ce déplaçant le long du cylindre central où elles induisent la formation de cellules géantes qui constituent les cellules nourricières de ces larves, elles commencent à se renfler et subissent deux mues successives. Les cellules du cortex subissent une multiplication intense entraînant la formation des galles de 1mm à 1 cm de diamètre caractérisant le parasitisme de *Meloidogyne* (Agrios, 2005).

Ces larves vont atteindre le stade adulte soit en mâle soit en femelle à partir de la quatrième mue (De Guiran, 1971).

Les mâles quittent les racines et retournent dans le sol alors que les femelles restent fixées et prennent un aspect globuleux, elles se nourrissent et pondent à l'extérieur des racines 1000 à 2000 œufs dans une masse gélatineuse. Les œufs libèrent à leur tour, après la première mue qui s'effectue à l'intérieur des œufs, des larves qui gagnent une nouvelle racine et le cycle reprend (Radwald, 1978).

Le développement des *Meloidogyne* est influencé par de nombreux facteurs externes l'optimum de la température qui détermine les différentes activités du nématode varie selon l'origine géographique de l'espèce et oscille entre 25° et 30 °C (Van Gundy, 1985).

Ainsi à une température de 27 °C, la durée du cycle est de 25 jours et de 87 jours à une température de 16,5 °C, il peut y avoir plusieurs générations par an (Jones et al., 1997).

L'humidité est également l'un des principaux facteurs réglant l'activité des nématodes, l'éclosion des œufs est inhibée par la sécheresse du sol et sa saturation en eau. En effet dans un sol saturé d'eau, la baisse de concentration en oxygène peut induire une forme de quiescence des larves (De Guiran; 1971).

Les larves sont actives dans un sol ayant un taux d'humidité de 40% à 60% (Reddy, 1983).

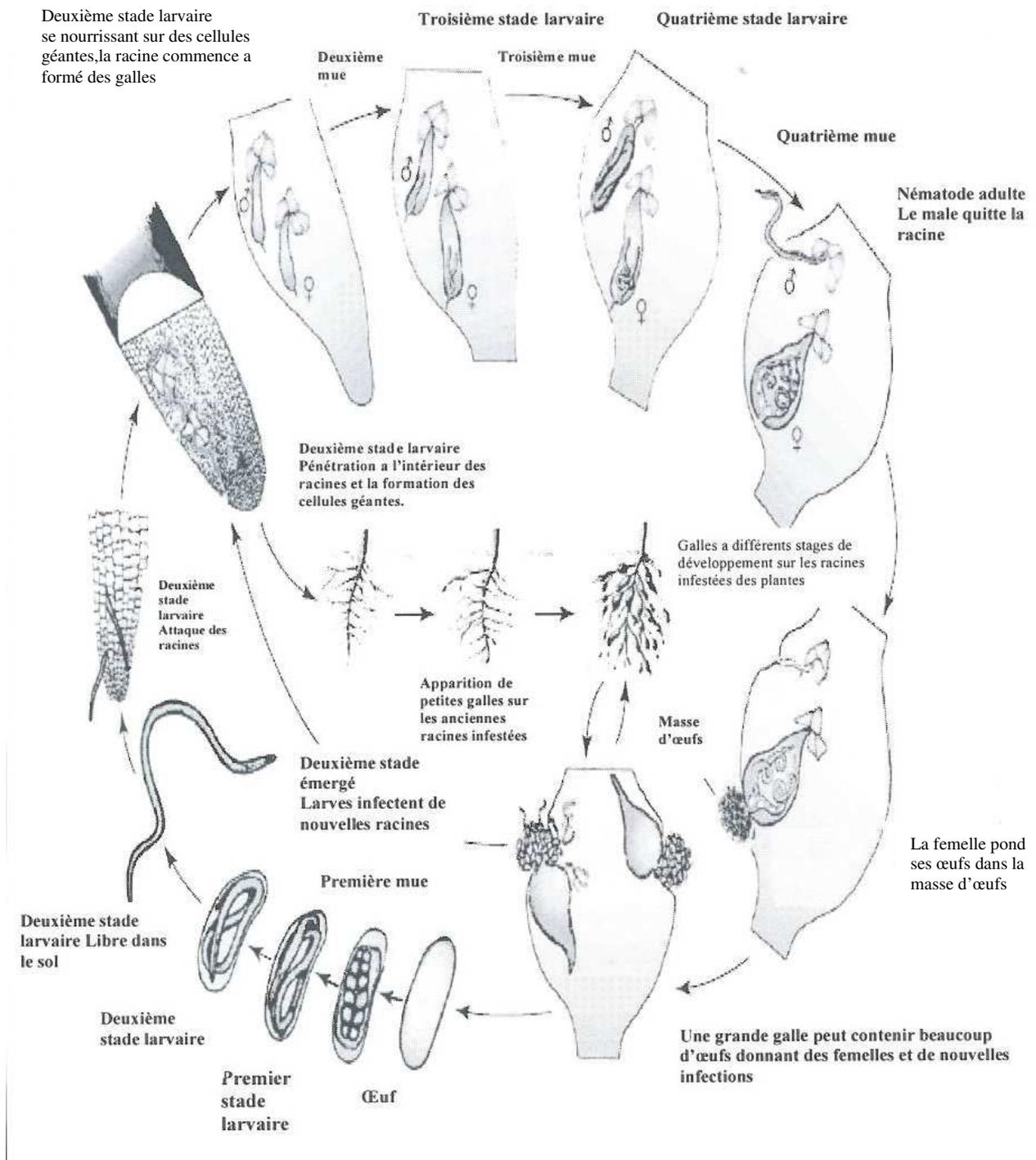


Figure 2 : Le cycle biologique des nématodes à galles : *Meloidogyne sp.* (D'après Agrios, 2005)

La sévérité des attaques des *Meloidogyne* varie avec le type de sol, généralement ce genre se trouve dans plusieurs types de sol et les dégâts sont plus accentués en sols sableux (Ferris et Van-Gandy, 1979). L'éclosion des œufs de *M. javanica* est maximale à un pH variant entre 6,4 et 7 et inhibée à un pH de 5,2. Enfin, de nombreux autres facteurs peuvent influencer les *Meloidogyne* comme la lumière, la plante hôte, son âge et son état nutritif.

4. Symptômatologie, dégâts et seuil de nuisibilité :

Il est peu probable de faire un diagnostic exact d'une maladie vermiculaire au seul examen de l'aspect externe du végétal. Dans tous les cas, il faut confirmer par une analyse nématologique qui s'avère indispensable.

Les symptômes souterrains et aériens de la plante peuvent être ainsi décrits:

4.1- Symptômes sur la partie souterraine:

La présence des galles sur le système racinaire constitue les symptômes spécifiques des attaques de *Meloidogyne*. L'espèce de *Meloidogyne* et la sensibilité de la plante hôte influencent la forme, le nombre et la taille des galles sur les racines (De Guiran, 1983; Karajeh et al., 2005).

4.2- Symptômes sur la partie aérienne :

Les symptômes ne sont pas spécifiques sur la partie aérienne de la plante et se traduisent par:

- un ralentissement de la croissance et une diminution de vigueur du végétal.
- une déficience généralisée due à l'action du pathogène.
- un flétrissement et un jaunissement des feuilles.
- une floraison et une fructification réduite et une chute de production (Stoll, 2002; Castillo et al., 2006).

L'incidence des nématodes sur les rendements dépend des densités initiales des populations, elle varie en fonction des conditions climatiques et édaphiques (Scotto la Massese, 1986; Jordan et Mitkowski, 2006).

Enfin, établir la relation entre la population des nématodes avant la culture et le rendement est un objectif primordial. Il faut souligner l'intérêt qu'il y'a de prévoir les risques dus aux nématodes mais aussi le caractère souvent insidieux des attaques au champ.

En revanche, l'évaluation des pertes causées par les nématodes est difficile à établir de manière précise puisque leur effet dépend de la pathogénie, des conditions du sol, du milieu ainsi que l'espèce, voire même la variété du végétal.

Ainsi, la connaissance des seuils de nuisibilité résulte des tests menés dans les conditions de plein champ ou encore en pot. Ils varient entre 5 à 10 larves par gramme de sol sur tomate pour *Meloidogyne incognita* (Di Vito et al., 1991; Wesemael et al., 2006).

Une étude menée en pots au Grande Bretagne montre que le potentiel infectieux de sol sur culture de ray-grass est de 1 à 228 larves de *Meloidogyne naasi* par gramme de sol (Raynal et al., 1989).

En Belgique, le seuil de nuisibilité de *Meloidogyne incognita* sur culture de tomate et la laitue a été obtenu à partir de 25 larves par 100 cm³ de sol (Van Damme et al., 2005).

En Italie, des pertes de rendements causés par *Meloidogyne incognita* sur tabac apparaissent à partir d'une densité initiale de 1,5 oeufs par ml de sol (Di Vito et al., 1983); ce seuil de tolérance est de 0,054 oeufs et juvéniles / cm³ de sol sur aubergine et atteint 2,2 pour le poivron (Di Vito et al., 1985 et 1986).

Enfin, les dégâts peuvent être plus importants du fait que ces nématodes créent des portes d'entrée pour d'autres agents pathogènes en synergie; c'est le cas des champignons comme *Fusarium*, *Verticillium* et *Phytophthora* qui constituent parfois des facteurs limitants d'une culture donnée (Whitehead, 1998). De même la présence de *Meloidogyne* joue un rôle important dans la propagation de certaines bactéries comme *Pseudomonas solanacearum* (Evans et al., 1993).

5. La lutte contre les *Meloidogyne*:

Dans le cas des nématodes, il est assez rare que l'emploi d'une seule méthode de lutte ait l'effet durable satisfaisant. De ce fait, la lutte nécessite la combinaison de plusieurs méthodes chimique, biologique et culturale.

5.1- Les mesures prophylactiques :

La prophylaxie comprend l'ensemble des précautions à prendre pour éliminer toute source de contamination des zones indemnes et de limiter la multiplication du nématode. Elles consistent à utiliser des plants sains et désinfecter le fumier ou le terreau au niveau des pépinières (De Guiran, 1983).

5.2- Les méthodes culturales :

La conséquence des pratiques agricoles est la principale cause des dégâts dus aux nématodes. Parmi ces méthodes nous citons :

- la rotation des cultures: elle a pour but d'introduire dans le système cultural des espèces non hôtes. En générale, cette technique reste difficile à appliquer vu la polyphagie des *Meloidogyne* (Viane et *al.*, 2006).

- les labours profonds: pendant les périodes sèches, ils permettent la diminution des populations de nématode par dessiccation (Harranger, 1971).

- la jachère : elle empêche le développement des nématodes sans entraîner leur disparition complète du sol (Everts et *al.*, 2006).

5.3- La lutte génétique :

Elle se manifeste par l'utilisation de cultivars sélectionnés et résistants aux nématodes. A l'heure actuelle, l'utilisation des variétés résistantes constitue la méthode de lutte la plus satisfaisante contre ces nématodes que ce soit en terme d'efficacité économique ou du respect de l'environnement

Les plantes définies comme résistantes sont celles dont l'expression des gènes réduit ou prévient le développement du nématode.

Cependant, l'utilisation de ces variétés se heurte souvent à l'apparition des populations virulentes de nématodes qui arrivent à contourner la résistance qui peut limiter l'efficacité de ce moyen (Castagnone –Serenio, 2002).

5.4- Les méthodes chimiques :

Les moyens employés consistent à désinfecter les sols contaminés à l'aide de nématocides fumigants agissant par leur vapeur toxique qui saturent l'atmosphère en remplissant les pores du sol et tuent les nématodes par asphyxie. Leur emploi est difficile et nécessite un appareillage assez complexe et sont utilisés avant la mise en place des cultures (Whitehead, 1998).

Les sols sont traités par des nématocides systémiques qui sont représentés par les carbamates (Aldicarbe, Carbofuran) et les organophosphorés (Ethoprophos, Phenaniphos, Cadusaphos). Ce sont des traitements réalisés pour protéger les cultures en place, ils agissent par ingestion et empêchent la pénétration des nématodes dans les plantes hôtes en inhibant la sécrétion de l'acétylcholinestérase, ils ne nécessitent pas de matériels spécialisés et sont faciles à l'emploi (Whitehead, 1998).

Les nématocides homologués en Algérie sont représentés en Annexe (1).

En effet, les produits fumigants polluent les nappes phréatiques et laissent des résidus dangereux pour les consommateurs, c'est ainsi que certains pays d'Europe (Suisse, Hollande, Allemagne) ont déjà interdit l'emploi de ces gaz nématocides (Djian-Caporalino, 1991).

Les nématocides systémiques à leurs tours empoisonnent la sève des plantes en laissant dans celles-ci des résidus extrêmement toxiques.

En conséquence, l'utilisation de ces produits phytosanitaires est remise en question du fait des problèmes qu'ils peuvent présenter au niveau sanitaire ou environnemental. De ce fait, il est nécessaire de développer d'autres méthodes de lutte.

5.5- Les méthodes physiques:

Divers procédés physiques sont employés pour lutter contre les *Meloidogyne*, parmi les plus utilisés nous avons la solarisation du sol, appelée également chauffage solaire, recouvrement plastique, paillage plastique, pasteurisation des sols, ou encore désinfection solaire (Jones et *al.*, 1997; Siddiqui, 2005).

C'est une méthode hydrothermique qui désinfecte le sol. Elle consiste à recouvrir le sol avec un film plastique transparent pendant les périodes d'intenses radiations solaires pour une durée de 4 à 8 semaines pour éliminer les agents pathogènes (Katan, 1987). L'efficacité de cette technique dépend de la nature, l'épaisseur et la couleur du film (Katan,

2000). Le mode d'action de cette technique est d'ordre physique, chimique et biologique (Stapleton, 2000 ; Siddiqui ,2005; Wang et *al.*, 2006; Kaskavalci, 2007).

De nombreuses études ont mis en évidence l'efficacité de la solarisation du sol contre les nématodes et particulièrement contre les *Meloidogyne*. A ce titre, Ravindra et *al.*, (2001) rapportent une réduction de la population de *Meloidogyne sp* et une augmentation de la production des plants du tabac (*Nicotiana tabacum*) après un traitement solaire de quatre semaines.

Une diminution de plus de 95% des effectifs de *Meloidogyne incognita* sur plants d'olivier (*Olea europea*) en pépinière ont été rapportés par Castillo et *al.*, (2003).

Selon Siddiqui, (2005) une réduction de 83% à 100% de la population de *Heterodera sp.* et de 95% pour *Globodera rostochiensis* a été identifiée sur fève (*Vicia fabae*).

Cette technique est également efficace contre les champignons *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahlia*, *Rhizoctonia spp.* et *Pythium spp* (Morra et *al.*, 2005) , les bactéries (*Clavibacter michiganensis*) (Antoniou et *al.*,1995) ; les plantes parasites (*Orobanche crenata* et *Orobanche ramosa*) (Stoll, 2002) . Les mauvaises herbes appartenant à plusieurs familles botaniques sont également sensibles à la solarisation du sol : *Convolvulus arvensis* (*Convolvulaceae*), *Amaranthus hybridus* (*Amaranthaceae*), *Malva parviflora* (*Malvaceae*), *Portulaca oleracea* (*Portulacaceae*), *Sonchus oleraceus* (*Asteraceae*). Certaines espèces comme *Cyperus esculentus* (*Cyperaceae*) résiste à la solarisation du sol (Sellami et Lounici ,2000 ; Saldivar et *al.*, 2003).

5.6- La lutte biologique :

Selon Djian-Caporalino et Panchaud-Mattei, (2002), la lutte biologique contre les nématodes emploie des microorganismes en se basant sur un principe simple « aider la nature ». Ces microorganismes se trouvent en faible quantité dans les sols naturels. L'incorporation en quantités suffisantes de ces agents dans le sol favorise leur action spécifique contre les populations de nématodes. Les plus connus et les plus utilisés sont les bactéries et les champignons nématophages. Ces derniers peuvent être prédateurs ou endoparasites.

***Les champignons prédateurs:** ils appartiennent aux Hyphomycètes et se caractérisent par leurs capacité à produire des organes de captures tels que les anneaux constricteurs, les

boutons adhésifs, les réseaux ou encore les spires qui piègent les nématodes dans le sol suite à un processus de reconnaissance spécifique entre le champignon et le nématode; c'est le cas des genres *Arthrobotrys*, *Dactylella* et *Dactylaria* (Cayrol et Frankowski, 1979).

Plusieurs champignons ont été étudiés en vue de sélectionner des souches aptes à piéger les larves de nématodes. Ainsi, le genre *Arthrobotrys* a été exploité à l'échelle mondiale et a fait l'objet de commercialisation (Cayrol et Frankowski, 1979). Cependant, des exigences édaphiques particulières pour son implantation dans le sol et sa non compétitivité vis à vis des nématicides n'ont pas permis son développement et le succès attendu (Whitehead, 1998).

De nouvelles souches plus performantes, des techniques de production moins onéreuses et des méthodes de conservation sans chaîne de froid font l'objet d'actuelles recherches.

***les champignons endoparasites :** nous citons :

Paecilomyces lilacinus : ce champignon hyphomycète pénètre directement dans l'œuf du nématode après formation d'un appressoria, cette infection est assurée par la production des leucotoxines, des chitinases et des protéases. Il a une capacité considérable à réduire les masses d'œufs et les galles formées par *Meloidogyne incognita* sur racines de tomate, cette baisse peut être de l'ordre de 74% et 66%. Il est très efficace également contre les genres *Globodera* et *Heterodera* (Kiewnick et Sikora, 2006a; Kiewnick et Sikora, 2006b).

Ce champignon (souche 251) a été commercialisé par la société BIO-AC Technologie et n'est adapté qu'aux conditions tropicales : températures élevées et PH acides (Richardson et Grewal; 1993; Djian-Caporalino et Panchaud-Mattei, 2002). Actuellement, il est utilisé comme un nématicide biologique sous le nom commercial de Melecon WG (water dispersible granule formulation) (Kiewnick et sikora, 2006b).

**Pochonia chlamydosporia* (= *Verticillium chlamydosporium*): Il présente une aptitude parasitaire limitée aux stades de l'embryogénèse, et une propriété importante qui réside dans l'aptitude de former de nombreuses chlamydospores qui sont libérées dans les sols, lorsqu'il se trouve en conditions favorables, il produit des protéinases ayant une activité nématicide contre les oeufs des nématodes (O'flaherty et al., 2003; Mayer et al., 2004 ; Van Damme et al. 2005).

Selon Verderjo –Lucas et *al.*, (2003), le peu de succès qu'a connu la lutte biologique est due essentiellement à la méconnaissance de l'écologie de ces organismes, et la réceptivité du sol qui reste très variable. De ce fait, peu d'applications sont disponibles et celles qui existent ne sont utilisées qu'à des situations exceptionnelles.

***Les bactéries:**

Selon Starnes et *al.*, (1993), plus d'une centaine de bactéries ont été identifiées comme ayant un potentiel d'utilisation en lutte biologique. Ces bactéries appartiennent essentiellement à trois grandes familles qui sont les *Bacillaceae*, les *Enterobacteriaceae*, et les *Pseudomonaceae*. A l'heure actuelle, *Pasteuria penetrans* est l'espèce qui fait l'objet d'études de plus en plus poussées (Djian-Caporalino et Panchaud-Mattei, 2002). C'est un endoparasite obligatoire dont les spores disséminées dans le sol se fixent sur la cuticule des juvéniles, des femelles et des mâles de *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita* et produisent un tube germinatif qui perfore la cuticule, pénètre dans la cavité générale où se ramifie pour constituer le thalle qui donne naissance à des milliers de spores. (Richardson et Grewal, 1993; Davis et Williamson, 2006).

Carneiro et *al.*, (2004) mentionnent que les endospores de *Pasteuria penetrans* s'attachent aussi sur *Meloidogyne hapla*, *Meloidogyne exigua*, *Meloidogyne graminicola* et *Meloidogyne mayaguensis* trouvées au niveau des plants de caféier (*coffea arabica*).

D'autres rhizobactéries comme *Pseudomonas aeruginosa* et *Pseudomonas fluorescens* peuvent diminuer les dommages causés par les *Meloidogyne* (Siddiqui et Shaukat, 2004).

Enfin, la grande spécificité d'action de ces bactéries et leur efficacité dans des conditions climato-édaphiques bien définies présentent un obstacle pour son utilisation pratique, de même leurs applications pratiques à grande échelle ne sont pas encore envisageables.

***Substances naturelles ou Extraits végétaux:**

D'après Kadioglu et Yanar (2004), les plantes sont capables de synthétiser plusieurs milliers de substances chimiques pour se protéger contre les maladies, les organismes nuisibles. Ces produits peuvent être exploités pour l'élaboration de biopesticides qui seront bénéfiques non seulement pour l'environnement mais également pour la santé humaine.

De nombreuses plantes sont traditionnellement employées par les populations africaines, asiatiques, brésiliennes pour éliminer les nématodes phytophages.

Elles sont utilisées comme engrais verts dans les assolements ou sous forme de broyats, d'amendements incorporés au sol ou bien comme huile essentielle (annexe 2). Ces végétaux peuvent agir de différentes manières, soit par effet nématostatique tels que : le sésame *Sesamum indicum* (*Pedaliaceae*) et le gombo *Abelmoschus esculentus* (*Malvaceae*) qui exsudent des amino-acides provoquant ainsi la paralysie des larves de *Meloidogyne* (Djian- Caporalino et Panchaud-Mattei, 2002). Ou bien comme inhibiteur de l'éclosion des œufs comme l'éragrostide : *Eragrostis curvula* (*Poaceae*) qui a un effet ovicide sur les *Meloidogyne* ou en empoisonnant les nématodes et provoquant la mort, c'est le cas du coriandre *Coriandrum sativum* (*Apiaceae*) (Djian-Caporalino et al., 2005).

De nombreux travaux ont montré l'efficacité des extraits de plusieurs plantes appartenant à plusieurs familles botaniques vis à vis des nématodes phytophages et particulièrement des *Meloidogyne* comme les *Asteraceae* (*Tagetes* spp, *Artemisia* spp), les *Zygophyllaceae* (*Peganum harmala*), les *Fabaceae* (*Crotalaria* spp), les *Meliaceae* (*Melia azedarach*, *Azadirachta indica*), les *Lamiaceae* (*Origanum* spp, *Ocimum basilicum* Etc)(Sellami et Zemmouri , 2001 ; Wang et al., 2003 ; Sellami et Mezerket , 2006 ; El Allagui et al., 2006).

Des études récentes citent l'activité nématocide des algues qui agissent d'une manière similaire que les plantes nématocides. Ainsi, la combinaison de trois algues bleues ou cyanophycées (*Anabena oryzae*, *Nostoc calciola*, *Spirulina* spp.) utilisées comme amendement organique possèdent un effet nématocide sur *Meloidogyne incognita* (Stoll, 2002).

En plus de ces extraits, des études plus poussées ont permis l'identification des composés volatiles appelés huiles essentielles qui possèdent des activités pesticides vis-à-vis de nombreux bioagresseurs.

5.7- La lutte intégrée :

La lutte intégrée repose sur l'association de plusieurs méthodes afin de maintenir les populations à un niveau assez bas pour que les dégâts occasionnés soient économiquement tolérables (Whitehead, 1998).

Ce système de lutte permet d'assurer une réduction plus durable et plus efficace des populations des nématodes et contribue à réduire les risques associés à l'emploi exclusif des pesticides. Enfin, les caractéristiques biologiques, les espèces mises en cause, l'utilisation et le développement des populations à partir des cultures et la spécificité de chaque zone entrent dans la détermination des systèmes de lutte intégrée.

Chapitre II: Données sur les huiles essentielles

Historique:

Les plantes ont été de tout temps utilisées par l'Homme soit dans sa nourriture, comme médicament et parfois même dans ses rites religieux (Anonyme, 2007).

De même, leurs extraits étaient déjà connus et utilisés par les Egyptiens, les Perses et les Grecs pour leurs propriétés aromatisantes et médicinales (Schauemberg et Paris, 1977).

Au début du 16^{ème} siècle, "Paracelse" un médecin suisse étudie l'extraction de "l'âme" de végétaux à laquelle on donnera le nom "d'esprit" puis "d'essence" et finalement "d'huile essentielle" (Bardeau, 1979).

Il ya environ 500.000 plantes sur terre dont environ 10.000 entre elles possèdent des propriétés médicinales. Ainsi, la première firme pharmaceutique et mondiale "Galaxo" étudie chaque semaine 13.000 substances chimiques extraites de plantes pour trouver des principes actifs utiles ; ces entreprises pharmaceutiques auront bientôt la possibilité d'étudier environ 2 millions de substances chimiques par semaine (Anonyme, 1997).

1-Définition des huiles essentielles:

Les huiles essentielles sont des extraits naturels de plantes, ce sont des produits aromatiques obtenus par distillation de matière première naturelle, distillation opérée généralement à l'eau ou à la vapeur ou comme le cas des agrumes par un procédé mécanique (Anonyme, 1986).

Volak et Stodola (1983) définissent l'huile essentielle comme étant des liquides volatiles, réfringents, optiquement actifs, voisins des huiles, d'odeur tout à fait caractéristique. Elles se forment dans un grand nombre de plante comme sous produit du métabolisme secondaire.

En 2000, l'association française de normalisation AFNOR, définit une huile essentielle comme étant un produit obtenu à partir d'une matière végétale soit par entraînement à la vapeur d'eau soit par des procédés mécaniques ou encore par distillation sec, l'huile essentielle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques.

Cette définition est restrictive car elle exclut aussi bien les produits extraits à l'aide de solvants que ceux obtenus par tout autre procédé.

La nouvelle encyclopédie Funk et Wagnalls, (2004) décrit les huiles essentielles en tant que liquide volatile, la plupart du temps insolubles dans l'eau mais librement solubles dans l'alcool, l'éther et les huiles végétale et minérale.

2-Répartition et localisation des huiles essentielles:

Les huiles essentielles se rencontrent généralement chez les végétaux supérieurs; 17500 espèces susceptibles de synthétiser ces essences sont réparties dans une dizaine de familles botaniques (Cabaret, 1986; Regnault-Roger, 2005).

Les essences se trouvent répandues dans toutes les parties des plantes, elles sont généralement renfermées dans les fleurs, feuilles, graines, tiges, bois, racines et écorces (Paris et Moyse, 1965). Elles peuvent être localisées dans des organes sécréteurs tels que les cellules sécrétrices des *Lauraceae*, poches sécrétrices (*Myrtaceae*), les poils sécréteurs (*Lamiaceae*) et les canaux sécréteurs (*Apiaceae*, *Asteraceae*) (Bruneton, 1995).

3-Composition chimique des huiles essentielles:

Les huiles essentielles sont des mélanges souvent très complexes de molécules organiques, elles sont classées en trois catégories:

1. Les essences hydrocarburées (essence de térébanthine, de citron etc...): ces essences sont riches en terpènes, elles sont les plus nombreuses et constituent les pellicules cireuses qui recouvrent parfois les feuilles, les fleurs, les semences. Ces composés sont assez difficilement entraînés à la vapeur d'eau, on distingue les hydrocarbures aromatiques, monoterpéniques ($C_{10}H_{16}$) et sesquiterpéniques ($C_{15}H_{24}$) et quelque fois des hydrocarbures saturés (héptane, octane, nonane, etc...).

2. Les essences oxygénées (essence de rose, de menthe etc...): ce sont généralement toutes les essences solides à l'intérieur de ce groupe. On rencontre des alcools aliphatiques et cycliques, saturés et insaturés, des phénols, des éthers- oxydes, des aldéhydes, des cétones, des esters, des acides, des aldéhydes-phénols et des lactones.

3. Les essences sulfurées et azotées: ces essences prennent naissance au cours de la distillation des parties de plantes qui renferment des substances albuminoïdes (crucifères, liliacées). Il existe d'autres corps qui entrent en faible proportion dans la constitution de certaines huiles essentielles: acides organiques, flavonoïdes, coumarines volatiles, etc... (Valnet, 1980; Bruneton, 1995).

4-Propriétés physiques des huiles essentielles:

Selon Duraffourd et *al.* (1978); Bruneton (1999) les propriétés physiques des huiles essentielles sont résumées comme suit:

- ce sont des substances généralement liquides extrêmement volatiles et perdent rapidement leurs propriétés.
- rarement colorées (cas de la cannelle qui est rougeâtre et la camomille qui est bleutée).
- elles ont une odeur souvent forte.
- elles ont une densité inférieure à l'unité.
- leur indice de réfraction et pouvoir rotatoire sont généralement élevés puisqu'elles sont composées principalement de molécules asymétriques.
- elles sont solubles dans l'alcool, l'éther et dans la plupart des solvants organiques.
- elles sont insolubles dans l'eau.
- leur point d'ébullition se situe entre 60° et 240 °C.
- les huiles essentielles sont sensibles à l'oxydation, ont tendance à se polymériser pour former des produits résineux.

5-Facteurs de variabilité des huiles essentielles:

La composition et le rendement des huiles essentielles peuvent varier selon l'âge, les facteurs climatiques et pédologiques (la nature du sol), analytiques (les procédés d'extraction), génétiques (les gènes) et physiologiques (stade de développement) (Regnault-Roger, 2005).

- dans les feuilles de plants jeunes que dans les feuilles de plants âgés.
- les fruits mûrs que dans les feuilles.
- les feuilles que dans les racines.
- les fruits de plants âgés que dans ceux des plants jeunes (Duval, 1993).

De même un climat sec et ensoleillé favorise la formation des huiles essentielles.

6-Les différents procédés d'extraction:

L'obtention des huiles essentielles se fait par divers procédés:

6.1 Expression à froid:

Le procédé classique consiste à exercer à une température ambiante sous un courant d'eau une action abrasive sur la surface du fruit. L'huile essentielle est séparée de la phase aqueuse par décantation (Bruneton, 1995).

Ainsi, ces huiles essentielles sont obtenues par expression de plantes principalement de fruit non fermenté ou ne contenant pas plus de 1% d'alcool, cette technique s'applique uniquement aux huiles essentielles d'agrumes (Richard, 1992).

6.2 Extraction par solvants:

***Par solvants organiques volatiles:** elle consiste à dissoudre les principes aromatiques gras, les pigments de plantes fraîches dans un solvant volatile. L'évaporation du solvant laisse un résidu cireux, très aromatique «le concrète» qui est purifié par l'alcool, il donne une essence appelée «absolue» et «résinoïde» si la matière première de départ est sèche (Trierweiler et Delarozier, 1994).

Ces procédés d'extraction par dissolvants volatiles sont toujours préférables pour l'obtention d'extractions végétales car on les opère le plus souvent à température ambiante ce qui ne provoque aucune altération ou modification dans les structures moléculaires composant la part aromatique extraite (Bruneton, 1995).

En revanche, le problème de résidus de la production finale et la toxicité des solvants mise en œuvre (benzène) a suscité un grand effort de recherche afin d'améliorer ces techniques (Gelu, 1989).

***Par solvant fixe:** l'extraction par solvants utilise des procédés comme l'enfleurage (à froid) et la macération (à chaud).

L'enfleurage consiste à une imprégnation à froid sur châssis de matière grasse pour donner une pommade.

La macération consiste à immerger les fleurs fraîchement cueillies et constamment renouvelées dans un bac de graisse chaud jusqu'à saturation, elle sera par la suite épuisée par l'alcool absolu. Cette technique s'applique aux fleurs dont l'activité physiologique cesse à la cueillette (Naves, 1974; Chamouleau, 1979).

Cependant, Ces procédés ne sont employés qu'occasionnellement et donnent des produits impropres à l'usage médical (Durafourd et *al.*, 1978).

6.3 Extraction par hydrodistillation et entrainement à la vapeur d'eau:

L'hydrodistillation: elle consiste à immerger directement le matériel végétal dans un alambic rempli d'eau porté ensuite à ébullition, les vapeurs hétérogènes sont condensées et l'huile essentielle est séparée par décantation (Bruneton, 1995).

Cette méthode est très avantageuse car elle économise de la vapeur et augmente la production pour un même volume d'appareillage et elle est utilisée avec certaines précautions (Fadli et Kessi ,2005).

L'extraction par entrainement à la vapeur d'eau: elle consiste à placer les plantes à essence sur une grille perforée à une certaine distance au dessus du fond d'un alambic dont la partie inférieure est remplie d'eau. Les principes volatiles sont séparés du distillat par décantation.

Cette technique est rapide, elle est utilisée pour obtenir une grande quantité d'huile essentielle mais elle est limitée par les problèmes d'altération de constituants des huiles essentielles et de conserve d'énergie (Coppen, 1995).

6.4 Extraction par le CO₂ à l'état supercritique:

Ce procédé sert à obtenir grâce aux caractéristiques du CO₂ à l'état supercritique en particulier celle d'être un solvant à «géométrie variable» à basse pression des extraits dont la composition est de type «huile essentielle» et «concrète» à haute pression, et avoir tous les extraits intermédiaires.

Cette technique évite les phénomènes d'hydrolyse, d'oxydation, de réarrangement thermique ainsi que la modification de certains composants de la plante (Pellurin, 2001).

7-Qualité des huiles essentielles:

L'obtention d'une huile de qualité en provenance des plantes sauvages ou de culture biologique est recommandée plutôt que des plantes cultivées. Le pays d'origine par la qualité de l'ensoleillement et les caractéristiques du terrain de récolte mais aussi par la laxité des contrôles effectués influencent la qualité de l'huile essentielle.

8-Toxicité des huiles essentielles:

Selon Ngamo (2004) les huiles essentielles sont considérées comme des neurotoxines à toxicité aigue vis-à-vis des arthropodes, elle est par contre peu toxique pour les animaux à

sang chaud et les oiseaux. Chez l'Homme ces huiles peuvent être très toxiques à des doses élevées ainsi, l'huile de romarin est cholérétique, diurétique et provoque une action spasmodique (Anonyme, 2005).

9-Utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les ennemis des cultures:

L'importance du rôle joué par les huiles essentielles a été démontrée depuis des millénaires d'années. Actuellement, elles peuvent être efficaces contre plusieurs ennemis de cultures.

9.1-Contre les insectes:

L'effet des huiles essentielles a fait l'objet de nombreuses recherches contre plusieurs insectes appartenant à plusieurs ordres, elles provoquent la toxicité soit par:

- Inhalation: due par l'abondance des composés volatiles sur les insectes adultes.
- Contact: par la formation de film imperméable qui suffoque l'insecte (larvicide) soit en inhibant l'éclosion des œufs (ovicide) ou en bloquant son développement et sa multiplication.
- Ingestion: se fait lorsque ces huiles pénètrent à l'intérieur de l'insecte et bloque l'activité alimentaire des larves (Philogene et *al.*, 2005, Regnault-Roger,2005).

Ainsi, l'efficacité des huiles essentielles du céleri : *Apium graveolens* (*Apiaceae*), d'oranger douce : *Citrus sinensis* (*Rutaceae*), de gommier bleue : *Eucalyptus globulus* (*Myrtaceae*), de laurier noble : *Laurus nobilis* (*Lauraceae*), de lavande : *Lavandula hybridae*, de basilic : *Ocimum basilicum*, d'origan : *Origanum vulgare*, du romarin : *Rosmarinus officinalis* (*Lamiaceae*) et du Thuya d'orient : *Thuja orientalis* (*Cupressaceae*) a été mentionnée contre un ravageur des denrées stockées *Acanthoscelides obtectus* (*Bruchidae*) (Papachritos et Stampoulos, 2002).

Regnault-Roger (2005) affirme que les huiles essentielles de thym (*Thymus vulgaris*), de l'origan (*Origanum vulgare*), du romarin (*Rosmarinus officinalis*), du basilic (*Ocimum basilicum*), de la sauge (*Salvia officinalis*) et du coriandre (*Coriandrum sativum*) sont très toxiques vis-à-vis de *Acanthoscelides obtectus* (*Coleoptera:Bruchidae*), à une dose inférieure à 10 mg/dm³.

En Algérie, l'efficacité de l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Mentha spicata* et ses composés le 1,8 cinéole et le carvone a été relevée vis-à-vis de *Rhyzoperta*

dominica (Khalfi et al., 2006). De même une mortalité de 100% des adultes de ce ravageur après inhalation à une concentration de 0,392 mg /cm³ de l'huile de *Artemisia herba alba* a été rapportée par Boutekedjiret et al. (2007).

Khalfi et al., (2008) a signalé que les huiles essentielles de l'armoise blanche *Artemisia herba alba* (Asteraceae), le genévrier *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) et le faux poivrier *Schinus molle* (Anacardiaceae) présentent respectivement un pourcentage de répulsivité de 88%, 97% et 95% vis à vis de *Rhizopertha dominica* (Coleoptera-Bostrychidae).

9.2-Contre les acariens:

Tunl et Sahinkaya (1998) mentionnent que les huiles essentielles du cumin : *Cuminum cyminus*, de l'anis vert : *Pimpinella anisum* (Apiaceae) et d'eucalyptus : *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae), de l'origan : *Origanum syriacum* (Lamiaceae) sont très toxiques contre l'araignée rouge *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae)

De même, les huiles essentielles de *Origanum glandulosum* et de l'armoise blanche *Artemisia alba* (Asteraceae) provoquent un taux de mortalité de 100% et 99% à des concentrations de 2% et 4% respectivement sur les formes mobiles et 100% à des concentrations de 4% et 2% respectivement sur les œufs de *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) (Chouat ,2005).

9.3-Contre les adventices et les phanérogames parasites:

L'effet des huiles essentielles sur les plantes parasites et les adventices se traduit par la réduction et l'inhibition de la germination des graines et de la croissance.

Singh et al. (2005) rapportent que l'huile essentielle des feuilles de *Eucalyptus citriodora* (Myrtaceae) inhibe la germination des graines de *Parthenium hysterophorus* (Asteraceae) à une concentration de 5 µl/ml, et réduit l'activité respiratoire et chlorophyllienne à une concentration variant de 0 à 100µl /ml.

9.4-Contre les bactéries:

L'application du thymol : principal composé de l'huile essentielle du thym comme biofumigant réduit significativement l'incidence de la maladie causée par *Ralstonia solanacearum* (*Pseudomonas solanacearum*) sur culture de tomate à 12% à une concentration de 0.7% (Momol et al., 2005)

De même, l'allicine le composé principal de l'ail *Allium sativum* (*Liliaceae*) a un effet bactéricide sur la croissance de *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas syringae* pv.*maculicola*, *P.s.pv.phaseolicola*, *P.s.pv.tomato*, et *Xanthomonas campestris* à raison de 20 µl/l (=280 µg allicine) (Curtis et al., 2004).

9.5-Contre les champignons:

Oxenham et al., (2005) citent l'activité fongicide de l'huile essentielle du basilic (*Ocimum basilicum*) (*Lamiaceae*) contre l'agent causal de la rouille *Uromyces fabae* sur culture d'haricot (*Broad fabae*). L'efficacité des principaux composés le méthyle chavicole et le linalol de l'huile essentielle de cette même plante inhibe la croissance de la maladie tâche chocolat causée par *Botrytis fabae* de plus de 78% et 50% à des concentrations de 1000 ppm et 300 ppm respectivement sur culture d'haricot. L'application de l'eugénol, un autre composé de l'huile du basilic à 5000 ppm réduit la croissance de ce champignon à 98%.

Kishore et al. (2007) rapportent que les huiles essentielles de la cannelle *Cinnamomum zeylanicum* (*Lauraceae*) et la girofle *Syzygium aromaticum* (*Myrtaceae*) inhibent la germination de spores de *Cercospora arachidicola*, *Phaeoisariopsis personata* et *Puccinia arachidis* de plus de 90% à une concentration de 0.01% .

Enfin, Soylu et al., (2007) notent que les huiles de l'origan : *Origanum syriacum* et du fenouil : *Foeniculum vulgare* inhibent la croissance , réduisent le développement de *Sclerotinia sclerotiorum* dans le sol à des concentrations de 0.3 µg/ml et 0.2 µg/ml et augmentent les rendement des plants de tomate .

9.6-Contre les nématodes:

A l'heure actuelle, plus de 200 espèces de plantes appartenant à 80 familles différentes sont étudiées pour leurs propriétés nématocides (Djian-Caporalino et al., 2005).

Ainsi, déjà en 1982 (Chatterjee et al.) signalent les propriétés nématocides des huiles essentielles des feuilles de deux espèces de *Ocimum* (*Lamiaceae*), en 1991 l'activité nématocide de *Hyptis suaveolens* (*Lamiaceae*) connue pour sa richesse en huile essentielle et ses constituants le D-limonene et le menthol a été également rapportée par Sirha et al.(1991)

Ces dernières années les travaux de recherche dans ce sens se sont développés contre les *Meloidogyne* mais aussi contre de nombreux nématodes phytophages. Parmi une dizaine

d'huiles essentielles extraites de plantes appartenant à différentes familles botaniques testées sur des mâles, des femelles et des juvéniles de *Bursaphelenchus xylophilus* les plus efficaces sont celles de l'ail (*Allium sativum*) et de la cannelle (*Cinnamomum verum*). L'huile essentielle de galanga camphré (*Kaempferia galanga*) provoque une mortalité de 100% vis-à-vis de *Bursaphelenchus xylophilus* à une concentration de 60µg /ml (Park et al., 2005; Choi et al., 2006).

Auger et Thibout, (2005) notent que la cystéine qui est le constituant principal de l'ail *Allium grayi* et *Allium fistulosum* (*Alliaceae*) a un effet ovicide et larvicide sur les nématodes à galles *Meloidogyne incognita*. Selon, ces mêmes auteurs l'efficacité nématicide de l'huile essentielle de l'ail a été également mentionnée contre *Heterodera schachtii*, *Pratylenchus sp.* et *Globodera sp.*

Les huiles essentielles du thym inhibent l'éclosion de larves L2 de deuxième stade de *Meloidogyne javanica* à une concentration de 1000 µl/l (Perez et Lewis; 2006).

Certains travaux ont permis l'isolement et la caractérisation de certains principes actifs, c'est le cas de la serpentine extraite de la pervanche de Madagascar efficace à 0.5 % contre les *Meloidogyne* (Djian-Caporalino et al., 2006).

Ces données montrent l'intérêt que suscite l'utilisation des substances naturelles comme méthode alternative contre plusieurs organismes nuisibles et maladies.

De plus, elles peuvent assurer un contrôle plus durable car elles sont biodégradables et non polluantes.

10-Domains d'utilisation des huiles essentielles:

L'application des huiles essentielles dans différents domaines autres que l'agriculture est très connue et très répandue. Ainsi, leur utilisation en pharmacologie, dans le domaine vétérinaire, en médecine, en cosmétique a fait l'objet de nombreuses recherches.

A titre d'exemple citons, la rue *Ruta graveolens* (*Rutaceae*) qui est hypotensif, et antispasmodique, en cosmétique elle est employée comme teinture et parfum dans l'industrie (Schauenberg, 2006).

Dans le domaine agroalimentaire nous avons : la menthe , le thym , l'origan, le romarin et le laurier qui sont très utilisés comme condiments, aromatisants et antioxydants retardant l'altération des aliments grâce aux: composés phénoliques, l'acide rosmarinique et

le carvacrole respectivement présents dans le romarin et l'origan (Bruneton, 2005; Djenane et *al.*, 2006; Koth ,2007 ; Bakkali et *al.* ,2008).

MATERIEL

ET

METHODES

Deuxième partie : Partie Expérimentale.

Chapitre I: Matériels et méthodes

Objectif :

L'objectif de notre travail consiste à déterminer l'effet nématocide de quelques huiles essentielles obtenues à partir des plantes : *Origanum glandulosum* Defs et *Salvia officinalis* L (*Lamiaceae*) et *Artemisia herba alba* Asso (*Asteraceae*) sur la mortalité des larves du deuxième stade (L2), le potentiel d'éclosion des œufs, et l'efficacité de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* (*Lamiaceae*) sur le développement du nématode *Meloidogyne incognita* sur une culture de tomate (*Lycopersicum esculentum*).

I- Matériel et méthodes :

1-Matériel biologique : le nématode.

Le Matériel biologique que nous avons utilisé au cours de notre expérimentation est l'espèce *Meloidogyne incognita* qui a fait l'objet de plusieurs travaux d'identification (Sellami et al., 1999). Cette espèce est extraite à partir des racines de tomate infestées de la région de Bab Ezzouar et mise en élevage en laboratoire (Figure 3).

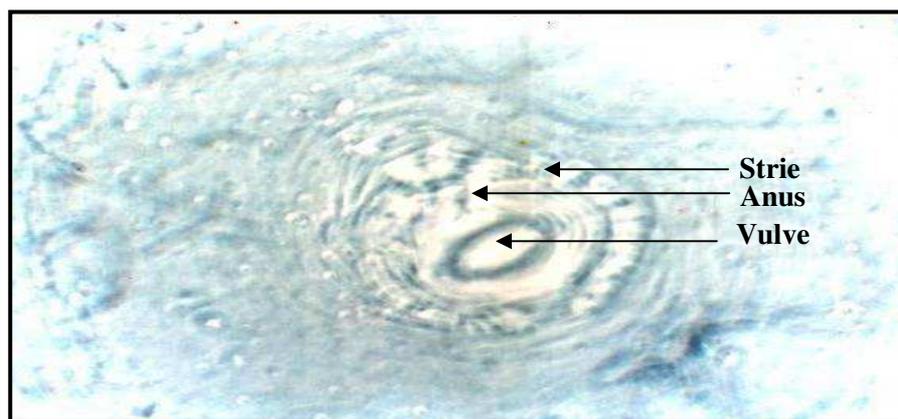


Figure 3 : Figure périnéale de *Meloidogyne incognita* (Gr : 6.3x 6.2 x 40)

- L'élevage des *Meloidogyne* comprend les étapes suivantes :

1.1- Préparation des plantules :

Le semis a été réalisé dans des bacs contenant du sol préalablement stérilisé, les semences utilisées sont celles de la tomate variété Marmande, en raison de sa sensibilité aux nématodes du genre *Meloidogyne*. Les plantules de 4 à 6 feuilles sont repiquées par la suite dans des pots en plastique de 8 cm de diamètre contenant un mélange du sol et terreau (2/3,1/3) stérilisé.

1.2- Obtention des larves de 2^{ème} stade :

Les larves de 2^{ème} stade (L2) sont obtenues à partir des masses d'œufs prélevées au niveau des galls sur les racines de tomate. Les masses d'œufs sont mises à éclore dans un éclosoir pendant quelques jours.

1.3- L'inoculation :

L'inoculation a été réalisée au niveau de chaque plantule, cette opération a été faite régulièrement afin d'avoir du matériel biologique disponible pendant toute l'expérimentation.

2- Matériel végétal :

2.1-Origine des plantes:

Les plantes testées au cours de notre expérimentation appartiennent à deux familles :

-les *Lamiaceae* (Labiées): *Origanum glandulosum* en provenance de Bejaïa, *Salvia officinalis* du jardin botanique de l'Ecole Supérieure Nationale Agronomique.

-les *Asteraceae* (Composées): *Artemisia herba alba* collectée à Batna.

2.2-Caractéristiques des plantes étudiées:

Les caractéristiques des plantes testées sont représentées sous formes de fiches techniques en annexes (annexes 3, et 4).

3- Le produit nématicide :

Les nématicides utilisés au cours de notre expérimentation sont le Némacur (Phénomiphos) et le Mocap (Ethoprophos). Le choix de ces produits est dû à leur utilisation par les agriculteurs et leur disponibilité sur le marché.

Les caractéristiques des deux nématicides sont représentées dans le tableau I.

Tableau I : Caractéristiques des nématicides utilisés.

Spécialité	Le Mocap	Le Némacur
Matière active	Ethoprophos	Phénomiphos
Origine	Mobil chemical Cy (USA)	Allemagne (Bayer)
Fabriquant	Rhône – Poulène	Bayer S.A.
Formule brute	$C_8H_{12}O_2PS_2$	$C_{13}H_{22}O_3PS$
Famille chimique	Organophosphorés	Organophosphorés
Solubilité	Dans l'eau : 700mg/l à 20° c	Dans l'eau : 700mg/l
Concentration de la matière active	10%	10%
Forme	Solide, cristallisé, granulé	Cristallisé, granulé
Utilisation et dose d'emploi	-Nématodes des cultures maraîchères sous serre à 50kg /ha	-Nématodes du bananier et de la betterave sucrière 30-50g/pied. -Nématodes de la carotte, concombre et des cultures légumières 30-40 Kg/ha.
Mode d'action	Par contact	Systémique
Toxicité	Classement : très toxique	Classement : toxique

4-Extraction des huiles essentielles à partir des plantes:

4.1- Séchage du matériel végétal :

L'utilisation d'une matière végétale fraîche ou sèche peut changer la composition chimique des huiles essentielles. De ce fait, le séchage a été effectué en laboratoire ; la plante a été mise à sécher en couche mince à l'air libre et à l'abri du soleil pendant 7 à 10 jours.

4.2- Extraction de l'huile essentielle à partir des plantes:

Le choix du mode d'extraction dépend de la nature de la matière à traiter, sa richesse en essence et sa fragilité aux températures élevées, à l'action de l'eau et à sa solubilité dans les solvants organiques.

La méthode d'extraction des huiles essentielle utilisée au cours de notre expérimentation est l'hydrodistillation. Cette technique courante permet de séparer les huiles essentielles à l'état pur et de fournir de meilleurs rendements.

L'hydrodistillation consiste à immerger la matière végétale à traiter dans un ballon rempli d'eau portée à ébullition, les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide et l'huile essentielle sera séparée par différence de densité (Bruneton, 1993).

4.3 - Mode opératoire :

C'est dans le laboratoire du groupe Saidal que l'extraction par hydrodistillation de l'huile essentielle a été effectuée à partir de la matière sèche (Figure 4).

Pour chaque plante, l'opération a duré pendant 2 à 2 heures et demie selon le protocole suivant :

- on introduit 100 grammes de matériel végétal dans un ballon de 2 litres rempli d'eau au 1/3 de sa capacité.

- le ballon chauffé à l'aide d'un chauffe ballon, produit de la vapeur d'eau entraînant les constituants de l'huile essentielle qui sont condensés et refroidis à une température de 17°C à 22°C dans le réfrigérant et enfin ils sont recueillis dans le récipient de recette.

- une fois le distillat récupéré, nous passons à la phase de la décantation. Cette phase est réalisée à l'aide d'une ampoule à décanter à l'intérieur de laquelle on ajoute de l'éther diéthylique comme solvant puis agiter et dégazifier et laisser à décanter jusqu'à l'obtention de deux phases: la phase supérieure représente la phase huileuse (éther + huile essentielle), la phase inférieure qui est aqueuse (l'eau).

- nous récupérons que la phase organique, l'éther avec l'huile essentielle sont récupérés dans un tube à essai après une filtration à travers le sodium sulfate anhydre à l'aide d'un papier filtre pour éliminer toute trace d'eau.

-le tube est laissé ouvert à l'air libre pendant 24 à 48 heures pour l'évaporation du solvant, et le résidu restant représente notre huile essentielle.

-l'huile essentielle est ensuite conservée dans un flacon en verre sombre fermé hermétiquement à une température de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour une utilisation ultérieure.

-les huiles obtenues constituent la solution standard (ou solution mère) à partir de cette dernière, on réalisera les concentrations retenues.



Figure 4 : Extraction de l'huile essentielle par hydrodistillation (original)

5- Les traitements :

Les différentes concentrations 50, 100, 200, 400, et 800 $\mu\text{l/l}$ des huiles essentielles extraites sont préparées à partir de la solution mère par dilution dans l'éthanol à 10%. Le témoin est représenté par de l'éthanol auquel on ajoute une solution à 0,3% de tween 20 (Oka et al. , 2000).

6- Effet des différentes huiles essentielles sur la mortalité des larves (L2) de *Meloidogyne incognita* :

L'objectif de cette étude est de tester l'efficacité des différentes huiles extraites sur la mortalité des larves de *Meloidogyne* (Figure 5).

Des larves âgées de 24 à 48 heures sont placées dans des boîtes quadrillées de 5 cm de diamètre à raison de 100 L2 par boîte contenant 5 ml de chacune des huiles essentielles à des concentrations de 50, 100, 200 , 400, et 800 $\mu\text{l/l}$. L'incubation est faite en température ambiante. Pour chaque traitement, nous avons réalisé 3 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 une loupe binoculaire. L'effet de ces huiles essentielles est comparé aux témoins représentés par des solutions de l'éthanol et tween et des solutions des deux nématocides : Mocap (10%de Ma à une dose de 50kg /ha) et Némacur (10% de Ma à une dose de 30kg /ha).

Les résultats sont exprimés en pourcentage de mortalité selon la formule suivante :

$$\text{Le pourcentage de mortalité \%} = \frac{\text{Nombre de nématodes morts}}{\text{Nombre total de nématodes}} \times 100$$

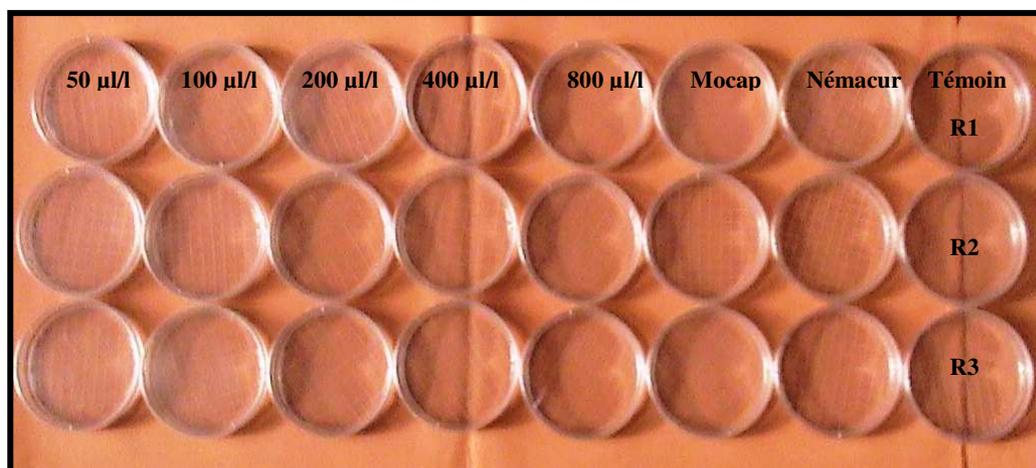


Figure 5 : Test des différentes huiles essentielles sur la mortalité des larves L2 de *Meloidogyne incognita* (original)

7- Effet des différentes huiles essentielles sur l'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita*:

Ce test nous permet de déterminer l'action des différentes huiles essentielles testées sur l'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita* (Figure 6).

Des masses d'œufs prélevées à partir de racines de tomates infestées 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 $\mu\text{l/l}$ et du témoin (éthanol+ tween) ainsi que des solutions des deux produits chimiques le Mocap (éthoprophos) avec une dose de 50 Kg/ha et le Némacur (phénamiphos) dont une dose de 30kg/ha. Nous avons réalisé 4 répétitions. Pour chaque traitement, 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.

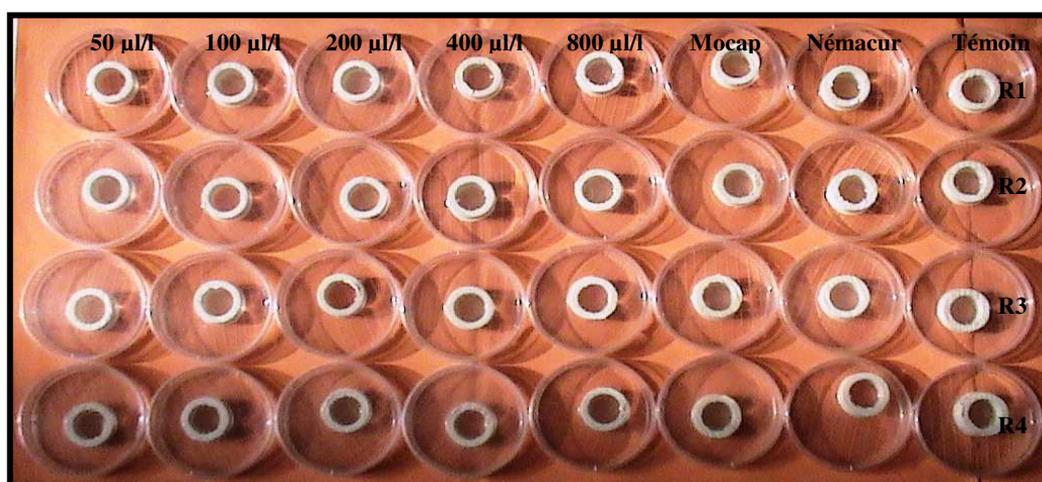


Figure 6 : Test des différentes huiles essentielles sur l'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita* (original)

8- Effet de l'huile essentielle de l'Origan (*Origanum glandulosum*) sur le développement de *Meloidogyne incognita* sur tomate:

8.1- Matériels et méthodes:

8.1.1- Matériel végétal :

Nous rappelons que c'est la variété Marmande qui a été retenue pour notre essai en raison de sa sensibilité aux *Meloidogyne* et le fait qu'elle est très utilisée par les agriculteurs.

8.1.2- Matériel biologique :

La population de *Meloidogyne incognita* utilisée lors de notre essai est celle obtenue à partir des racines infestées de l'élevage.

8.1.3- Mode opératoire:

L'essai a été réalisé dans des pots en plastique d'une capacité de 1,5 kg qui ont été remplis par un mélange de sol et de terreau (2/3,1/3) stérilisé.

1- Préparation des plantules:

Le semis a été réalisé dans des bacs contenant du sol stérilisé.

2- Repiquage:

Les plantules de tomate âgées de 4 feuilles ont été repiquées à raison d'une plantule par pot pour le traitement après plantation et le traitement chimique. En ce qui concerne le traitement préventif, le repiquage a été réalisé dix jours après l'application du traitement ensuite les pots ont été couverts avec un film plastique.

3- Inoculation:

Quelques jours après le repiquage, les plantules ont été inoculées par *Meloidogyne incognita* à raison de 2500 nématodes par pot.

4- Traitement:

Quelques jours après l'inoculation 5 ml de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* aux concentrations (800 µl/l et 400 µl/l) ont été arrosés pour chaque traitement à raison de 5 répétitions au niveau de chaque plantule de tomate.

5- Dispositif expérimental:

Le dispositif expérimental (figure 7) est un bloc aléatoire complet comprenant les traitements suivants:

***Traitement préventif:**

- Traitement avant plantation à une concentration de 800 µl/l.
- Traitement avant plantation à une concentration de 400 µl/l.

***Traitement curatif:**

- Traitement après plantation à une concentration de 800 µl/l.
- Traitement après plantation à une concentration de 400 µl/l.

Les témoins:

- Témoin : tomate + nématodes
- Traitements chimiques avec le Némacur appliqué après plantation à une dose de 30kg/ha et le Mocap à une dose de 50kg/ha.

5 répétitions ont été réalisées pour chaque traitement soit un total de 35 pots.

Ces pots ont été disposés en bloc aléatoire complet dans une serre et arrosés régulièrement.

***Les paramètres retenus pour l'évaluation de l'efficacité de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* vis-à-vis de *Meloidogyne incognita* sont :**

- La détermination du nombre de nématodes dans les racines cinq mois après la mise en place de l'essai selon la méthode d'extraction des racines du mixeur suivie de la centrifugation.
- La détermination du nombre de nématodes dans le sol cinq mois après la mise en place de l'essai selon la méthode d'extraction du sol par :
- L'évaluation de l'indice de galle :

Il s'agit d'une échelle établie par Taylor et Sasser, (1978) comprise entre 0 et 5 correspondant à l'apparition des galles au niveau des racines de tomate sachant que:

L'indice:0 : aucune galle (plants sains).

1: de 1 à 2 galles.

2: de 3 à 10 galles.

3: de 11 à 30 galles.

4: de 31 à 100 galles.

5: plus de 100 galles (plants fortement infestés).

-La détermination de la croissance des plants de tomate par des mensurations cinq mois après la mise en place de l'essai.

C2	T1	T4	T5	T2
T5	T4	T3	C2	C1
T4	C2	C1	T2	T5
T3	T5	T1	C1	C2
T2	C1	C2	T1	T3
T1	T2	T5	T3	T4
C1	T3	T2	T4	T1
Bloc1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4	Bloc 5

T1: Témoin.

T2: Traitement 800 μ l/l avant plantation.

T3: Traitement 400 μ l/l avant plantation.

T4: Traitement 800 μ l/l après plantation.

T5: Traitement 400 μ l/l après plantation.

C1: Traitement chimique (le Mocap).

C2: Traitement chimique (le Némacur).

Figure 7: Dispositif expérimental de l'essai

6- Analyses nématologiques:

6.1- Extraction des nématodes à partir du sol:

La technique d'extraction des nématodes à partir du sol que nous avons utilisé est celle de Baermann modifiée (Dalmasso, 1966) (Figure 8).

Après mélange et homogénéisation des échantillons, 250g de sol sont prélevés et placés dans une passoire ayant une maille de 2 mm de diamètre placée sur un seau.

La terre est ensuite entraînée par un jet d'eau sur la passoire, celle –ci retient les éléments grossiers cailloux, débris végétaux..., le contenu du seau est remis en suspension avec un agitateur manuel.

Après décantation pendant quelques minutes, la suspension surnageante est versée sur un tamis de 40 μ qui retient presque la totalité des nématodes plus les argiles et la matière organique. Le refus est recueilli sous un jet d'eau dans un verre à pied. L'opération peut être répétée 3 à 5 fois selon la nature du sol.

La solution finale est versée dans l'entonnoir de Baermann sur lequel est placé un tamis de 250 μ . Après 48 heures, les nématodes sont récupérés dans un bêcher placé sous l'entonnoir après ouverture de la pince de Mohr et on laisse écouler 10 à 20 ml d'eau.

6.2- Extraction à partir des racines:

a) Méthode d'extraction:

La méthode utilisée pour l'extraction des racines est la méthode du mixeur suivie de la centrifugation (Coolen et Herde, 1972) dont le mode opératoire est le suivant (Figure 9):

Les racines des plants de tomate sont soigneusement rincées à l'eau puis découpées en petits fragments, qui seront placées dans un mixeur contenant 250 ml d'eau. Le broyage se fait en deux temps :

- le premier dure 15 secondes à petite vitesse permet d'extraire les femelles et les stades gonflés.
- le deuxième dure une minute à grande vitesse permet d'extraire les œufs et les larves.

Les suspensions obtenues à la suite de ces deux broyages sont recueillies sur un tamis de 40 μ et récupérées dans un verre à pied, puis versées dans des godets de la centrifugeuse dans lesquels on ajoute une cuillère du Kaolin.

La centrifugation se fait en deux temps:

-La première centrifugation dure quatre minutes à 3000 tours, elle a pour but de fixer tous les éléments dont la densité est supérieure à l'eau, après centrifugation le surnageant est éliminé.

-La deuxième se fait à 1800 tours pendant une minute après avoir ajouter une solution sucrée de 1.18 de densité pour séparer les nématodes du culot. Le surnageant est versé sur un tamis de 5 μ de maille, le contenu est récupéré grâce à un jet d'eau dans un verre à pied.

b) Comptage:

Après extraction du sol et des racines, le comptage des nématodes se fait sous loupe binoculaire dans une boite transparente à fond quadrillée à l'aide d'un compteur.

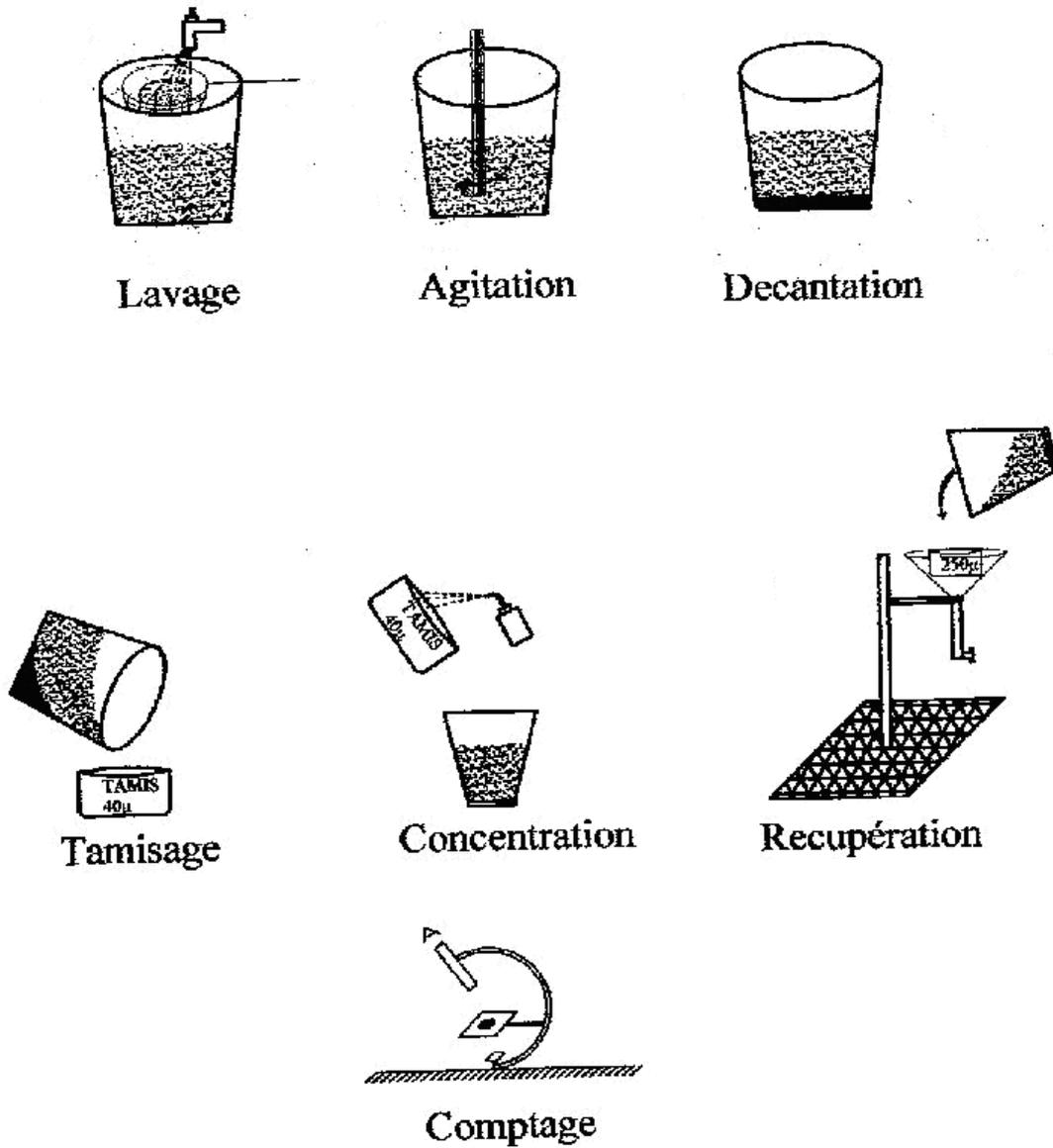
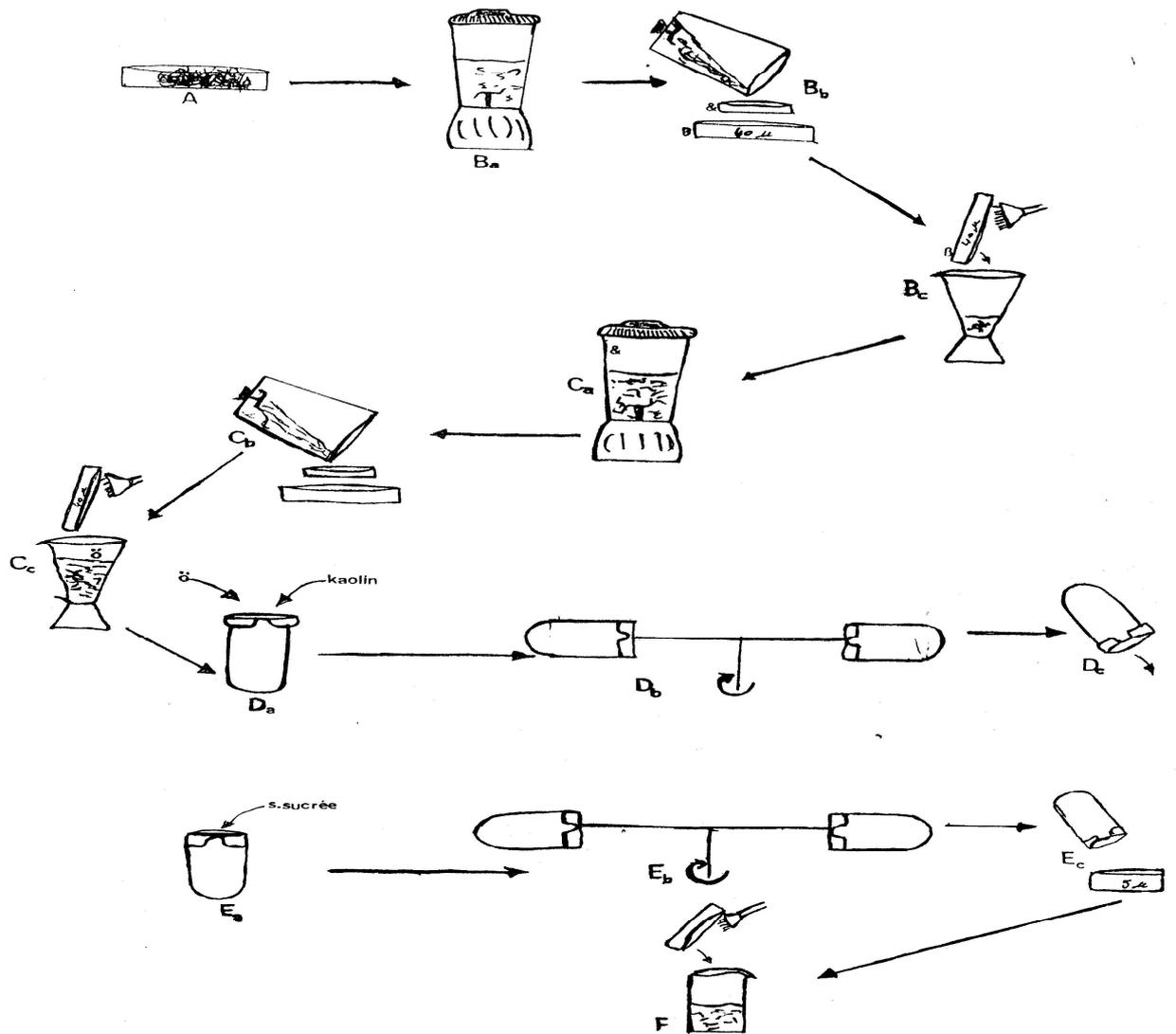


Figure 8: Méthode d'extraction des nématodes à partir du sol (Dalmaso, 1966)



Légende :

- A : échantillon de racine découpé en petit morceaux
- B-a : 1^{er} broyage
- B-b ; B-c : Récupération de femelles et des stades gonflés
- C-a : 2^{ème} broyage
- C-b ; C-c : Récupération des œufs et des larves
- D-a ; D-b ; D-c : 1^{er} centrifugation (Kaolin)
- E-a ; E-b ; E-c : 2^{ème} centrifugation (Solution sucrée)
- F : Concentration de la sauce.

Figure 9 : Extraction des nématodes à partir des racines : la méthode de mixeur suivie de la centrifugation (Coolen et Herde, 1972).

9- Tests phyto-chimiques préliminaires (ou Screening phytochimique):

Le but de ce test est de connaître la composition des métabolites secondaires des plantes testées au cours de notre étude.

Les tests sont effectués dans le laboratoire du groupe Saïdal soit sur la poudre de broyat soit sur un infusé (Anonyme, 1991).

8.1- préparation de l'infusé:

20 g de poudre sont mis à infuser dans 100 ml d'eau distillée et sont portées à ébullition pendant 15 mn, après filtration, le filtrat est ajusté à 100 ml d'eau distillée.

8.2- préparation des réactifs :

La préparation des réactifs utilisés au cours de cette étude est mentionnée en annexe 5.

8.3- Identification des principaux métabolites secondaires des plantes testées.

- Identification des Anthocyanes:

Trois procédés sont utilisés pour la mise en évidence de ces composés :

1. A 5 ml de l'infusé on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique, la réaction donne une coloration rouge en présence d'Anthocyane.

2. 1g de poudre est mis à ébullition dans 10 ml d'éthanol pendant 10 minutes, après filtration on ajoute le zinc métallique et quelques gouttes d'acide chlorhydrique. La réaction vire au rouge en présence d'anthocyane.

3. On ajoute quelques gouttes d'ammoniaque 1/2 à 5 ml de l'infusé, la réaction donne une coloration bleue en présence d'anthocyane.

-Identification des leuco-anthocyanes:

2 g de poudre sont portés au bain marie bouillant pendant quelques minutes dans 20 ml d'un mélange de propanol / acide chlorhydrique (1/1).

Une coloration rouge se développe en présence des leuco-anthocyanes.

- Identification des tanins:

Quelques gouttes d'une solution de chlorure ferrique à 5 % sont ajoutées à 5ml de l'infusé, la réaction donne une coloration bleue noire en présence des tanins.

1. Tanins catéchétiques:

15ml de l'infusé sont additionnés a 7 ml de réactif de stiasny, la réaction donne une coloration rouge en présence des tanins catéchétiques.

2. Tanins galliques:

Après filtration et saturation du filtrat par l'acétate de sodium, quelques gouttes de chlorure ferrique sont ajoutées, la réaction donne une coloration bleue foncée en présence des tanins galliques.

- Identification des flavonoïdes:

La réaction cyanhydrique ou l'essai de chinoda lors de la réduction des flavonols, flavonones et flavones par le magnésium métallique en présence de l'acide chlorhydrique donne une coloration rouge orangé en présence de flavonoïdes.

A 5 ml de l'infusé on additionne 5 ml d'acide chlorhydrique, un copeau de magnésium et 1 ml d'alcool isobutanol, la réaction devient rouge orangé en présence de flavonoïdes.

- Identification des quinones :

Nous avons deux types de quinone :

1. Quinone libres:

2 g de poudre végétale humectée avec 2 ml d'acide chlorhydrique sont mis en contact pendant 3 heures dans 20 ml de chloroforme puis filtrés. Ce test est réalisé sur le filtrat grâce à 5 ml d'ammoniaque (1/2) comme réactif. La réaction vire au rouge en présence des quinones libres.

2. Quinone combinées:

2 g de poudre végétale sont additionnés à 5 ml d'acide sulfurique 2 N porter à reflux pendant 2 heures, la solution extractive est filtrée puis épuisée par 20 ml de chloroforme. La solution chloroformique est évaporée à sec puis reprise par l'ammoniaque. La même réaction est obtenue qu'avec les quinones libres

- Identification des saponosides:

Leur présence est détectée par 2 procédés:

a) Deux éprouvettes sont utilisées : dans la première on introduit 5 ml de d'acide chlorhydrique à 0.1N et dans la deuxième 5 ml de l'hydroxyde de sodium à 0.1N ensuite on ajoute dans chacune deux à trois gouttes de l'infusé, la formation des mousses indique la présence des saponosides.

b) On ajoute à 02 ml de l'infusé quelques gouttes d'acétate de plomb, la formation d'un précipité blanc révèle la présence des saponosides.

- Identification des alcaloïdes:

5 g de poudre végétale humectée avec 20 ml d'ammoniaque (1/2) sont mises à macérer pendant 24 heures dans 50 ml d'un mélange éther chloroforme (3/1). Le filtrat est épuisé par de l'acide chlorhydrique 2N.

Des réactions de précipitation sont effectuées sur la solution chlorhydrique. En présence d'alcaloïdes, le réactif de Dragendorff donne un précipité rouge.

- Identification des sennosides:

Dans une fiole conique on introduit 2,5 g de poudre auquel on ajoute 50 ml d'eau distillée et 2 ml d'acide chlorhydrique concentré puis sont chauffés dans un bain marie pendant 15 minutes. On laisse refroidir et on agite avec 40 ml d'éther. Ensuite, on sépare la couche étherée, on la fait sécher sur du sulfate de sodium anhydre puis on évapore à siccité.

On ajoute au résidu refroidi 5 ml d'ammoniaque diluée (1/2). Il se produit une coloration jaune ou orange en présence de sennosides. On fait chauffer au bain marie pendant 2 minutes, il se produit une coloration violette rouge en présence de sennosides.

- Identification des glucosides:

Dans 02 g de poudre végétale, on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique. La formation d'une coloration rouge brique ensuite violette indique la présence des glucosides.

- Identification des coumarines:

02 g de poudre sont mis dans 20 ml d'alcool éthylique, on les fait bouillir pendant 15 minutes à reflux après refroidissement, on filtre puis on ajoute à 3 ou 5 ml de filtrat 10 gouttes

de la solution alcoolique de l'hydroxyde de potassium à 10% et quelques gouttes d'acide chlorhydrique à 10% jusqu'à obtention d'un milieu faiblement acide. L'apparition d'un trouble indique la présence des coumarines.

RESULTS

ET

DISCUSSION

Troisième partie: Résultats et discussion.

I- Résultats:

L'efficacité d'un produit biocide est évaluée par la mortalité. Pour chaque huile essentielle, le pourcentage moyen de mortalité est calculé, sachant que dans toute population il existe une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par un produit toxique. De ce fait, les pourcentages de mortalité doivent être exprimés en pourcentage de mortalité corrigé selon la formule de Schneider-Orelli :

$$\text{Pourcentage de mortalité corrigé MC \%} = \frac{M2 - M1}{100 - M1} \times 100$$

M1 : pourcentage de mortalité observé dans le témoin.

M2: pourcentage de mortalité observé dans la population traitée.

MC: pourcentage de mortalité corrigé.

Pour étudier la DL50 d'un produit, on procède à une transformation des résultats obtenus au cours de notre essai en probits (Cavelier, 1975).

Les résultats obtenus dans nos différents essais sont présentés sous forme de droites de régression tracées avec les logarithmes des doses. L'efficacité des huiles essentielles testées est effectuée en déterminant:

-La DL 50 de la mortalité : c'est la dose létale à laquelle meurt 50% de la population traitée.

-la TL50 de la mortalité : c'est le temps létal à partir duquel meurt 50% de la population traitée.

1- Effet des huiles essentielles sur la mortalité de *Meloidogyne incognita*:

D'après les résultats consignés dans le tableau III, les huiles essentielles des plantes testées *Salvia officinalis*, *Origanum glandulosum* et *Artemisia herba alba* présentent une activité nématocide à l'égard de *Meloidogyne incognita*. Cette activité augmente lorsque la concentration et la période de l'exposition augmentent également.

Ainsi, à une dose plus élevée (800 µl/l) et après une période d'exposition de 72 heures, les pourcentages de mortalité corrigés sont de 66.66% pour l'huile de *Salvia officinalis* et atteint 100% pour celle de *Artemisia herba alba* et *Origanum glandulosum*. Pour cette même dose et après 48 heures, le taux de mortalité de *Meloidogyne incognita* enregistré s'élève à 100% chez *Origanum glandulosum*.

Aux doses moyennes (200 µl/l et 400 µl/l) et après 72 heures de traitement, ces pourcentages dépassent 60% de mortalité chez *Origanum glandulosum* et *Artemisia herba alba*. En revanche, *Salvia officinalis* présente un taux de mortalité de 50% après 48 heures d'exposition à une dose de 400 µl/l.

Avec une concentration (100 µl/l) pour 72 heures d'exposition, les taux de mortalité des juvéniles sont inférieurs à 50% pour les huiles de *Salvia officinalis* et *Artemisia herba alba*. A cette même concentration et pour la même durée de traitement, l'huile de *Origanum glandulosum* présente un pourcentage de mortalité de 50.87%.

Enfin, aux faibles doses (50 µl/l) les pourcentages de mortalité après 72 heures d'exposition sont en dessous de 50% pour toutes les plantes testées et sont respectivement de 28.46%, 40.42% et 35.39% pour les huiles de *Salvia officinalis*, *Origanum glandulosum* et *Artemisia herba alba*.

Pour les témoins, la majorité des larves sont restées vivantes; seulement 1.33% à 4.33% étaient inactives. Il est à signaler que toutes les doses ont montré une mortalité nettement supérieure à celle des témoins, ce qui laisse supposer que toutes les doses exceptée la dose 50µl/l des huiles essentielles de *Origanum glandulosum* et *Artemisia herba alba* ont eu un effet nématocide. Pour *Salvia officinalis*, cette activité nématocide n'est remarquable qu'à la dose 400 µl/l et 800µl/l.

D'après nos résultats, le taux de mortalité corrigé du aux deux nématicides testés montre que le Némacur enregistre le taux le plus élevé par rapport au Mocap pour les trois périodes d'exposition.

L'efficacité de différentes huiles essentielles a été également évaluée par les DL50 représentées par les droites de régression (figures 10 ; 11, et 12), ces dernières sont consignées dans le tableau II.

Tableau II: Résultats des DL50 pour la mortalité des larves de *Meloidogyne incognita* après 72 heures d'exposition.

Plantes testées	DL 50 après 72 H ($\mu\text{l/l}$)
<i>Origanum glandulosum</i>	89.74 $\mu\text{l/l}$
<i>Artemisia herba alba</i>	105.35 $\mu\text{l/l}$
<i>Salvia officinalis</i>	232.33 $\mu\text{l/l}$

L'analyse des DL50 après 72 heures d'exposition montre que la DL50 de l'huile d'*Origanum glandulosum* est inférieure avec une dose de 100 $\mu\text{l/l}$, avec cette dernière les taux de mortalité obtenus dépassent les 50% après 72 heures d'exposition (Tableau II).

La DL50 d'*Artemisia herba alba* est égale à 105.35 $\mu\text{l/l}$, elle se situe entre les doses 100 et 200 $\mu\text{l/l}$. En revanche, la DL50 obtenue avec *Salvia officinalis* est égale à 232.33 $\mu\text{l/l}$, elle se situe entre les doses testées 200 et 400 $\mu\text{l/l}$.

Les DL50 obtenues révèlent que parmi les huiles essentielles étudiées, celle de *Origanum glandulosum* est la plus toxique sur les larves de *Meloidogyne incognita* avec une DL50 égale à 89.74 $\mu\text{l/l}$ suivies de *Artemisia herba alba* avec une DL50 égale à 105.35 $\mu\text{l/l}$; par contre, *Salvia officinalis* montre une efficacité moindre avec une DL50 égale à 232.33 $\mu\text{l/l}$.

Tableau III: Effet des huiles essentielles des plantes testées sur la mortalité des larves (L2) de *Meloidogyne incognita*.

Plantes testées et période d'exposition	Pourcentage de mortalité corrigée (%)					Probits				
	Doses (µl/l)					Doses (µl/l)				
	50	100	200	400	800	50	100	200	400	800
Lamiaceae:										
<i>Salvia officinalis</i>										
24H	16.61	26.78	38.64	47.79	58.97	4.03	4.38	4.71	4.94	5.23
48H	21.50	36.17	43.33	54.60	61.09	4.21	4.64	4.83	5.12	5.28
72H	28.46	42.01	45.47	57.97	66.66	4.43	4.80	4.88	5.20	5.43
Traitement chimique Mocap 10% MA										
24H	54.58	-	-	-	-	5.11	-	-	-	-
48H	58.36	-	-	-	-	5.21	-	-	-	-
72H	64.93	-	-	-	-	5.38	-	-	-	-
Traitement chimique (Némacur)										
24H	63.39	-	-	-	-	5.34	-	-	-	-
48H	68.26	-	-	-	-	5.47	-	-	-	-
72H	72.22	-	-	-	-	5.58	-	-	-	-
Témoin (Tween+ethanol)										
24H	1.66									
48H	2.33									
72H	4									
Origanum glandulosum										
24H	31.52	36.27	53.55	70.84	81.35	4.52	4.65	5.09	5.55	5.89
48H	33.91	46.02	60.56	76.81	100	4.58	4.90	5.26	5.73	8.09
72H	40.42	50.87	71.42	84.67	100	4.75	5.02	5.56	6.02	8.09
Traitement chimique Mocap 10% MA										
24H	53.90	-	-	-	-	5.09	-	-	-	-
48H	57.79	-	-	-	-	5.19	-	-	-	-
72H	61.33	-	-	-	-	5.29	-	-	-	-
Traitement chimique (Némacur)										
24H	62.04	-	-	-	-	5.31	-	-	-	-
48H	66.78	-	-	-	-	5.43	-	-	-	-
72H	73.17	-	-	-	-	5.61	-	-	-	-
Témoin (Tween+ethanol)										
24H	1.66									
48H	3.66									
72H	4.33									
Asteraceae:										
<i>Artemisia herba alba</i>										
24H	27.69	33.77	50.67	67.56	80.39	4.41	4.58	5.02	5.45	5.85
48H	31.05	38.22	61.09	73.71	92.48	4.50	4.69	5.28	5.63	6.44
72H	35.39	41.91	64.59	79.03	100	4.62	4.79	5.37	5.81	8.09
Traitement chimique Mocap 10% MA										
24H	59.46	-	-	-	-	5.23	-	-	-	-
48H	63.48	-	-	-	-	5.34	-	-	-	-
72H	67.70	-	-	-	-	5.46	-	-	-	-
Traitement chimique (Némacur)										
24H	63.18	-	-	-	-	5.33	-	-	-	-
48H	67.92	-	-	-	-	5.46	-	-	-	-
72H	74.57	-	-	-	-	5.65	-	-	-	-
Témoin (Tween+ethanol)										
24H	1.33									
48H	2.33									
72H	3									

Chaque chiffre représente la moyenne de trois répétitions.

— = pourcentage des traitements chimiques sur lesquels a été étudiée.

Témoin= (Tween+éthanol)

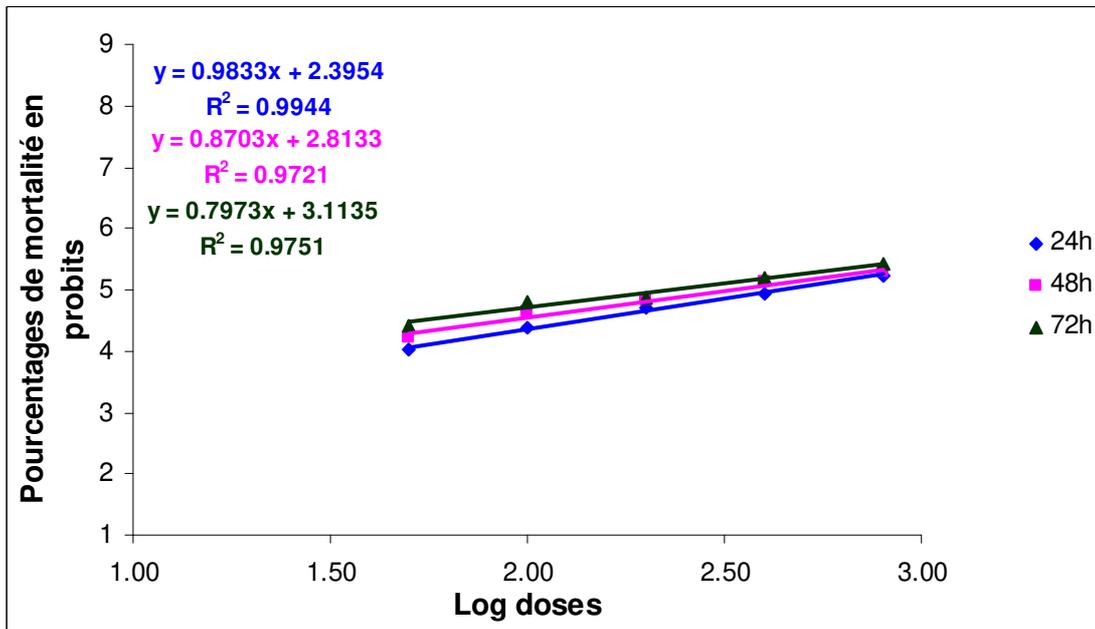


Figure 10: Droite de régression des probits à différentes doses utilisées dans l'huile essentielle de *Salvia officinalis* sur les larves (L2) de *Meloidogyne incognita*

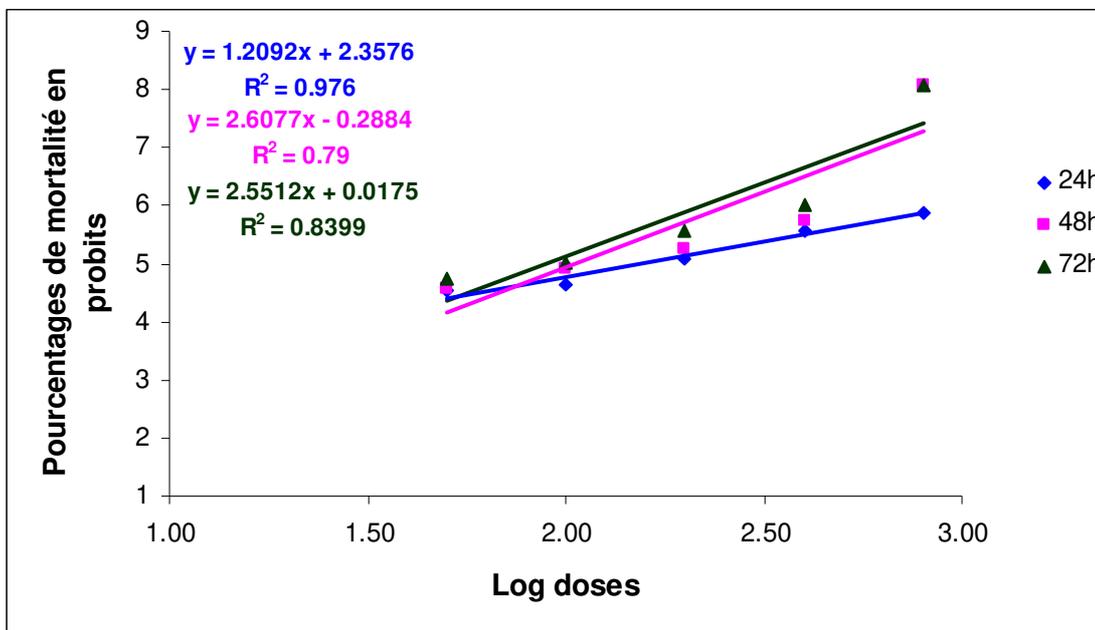


Figure 11: Droite de régression des probits à différentes doses utilisées dans l'huile essentielle de *Origanum glandulosum* sur les larves (L2) de *Meloidogyne incognita*.

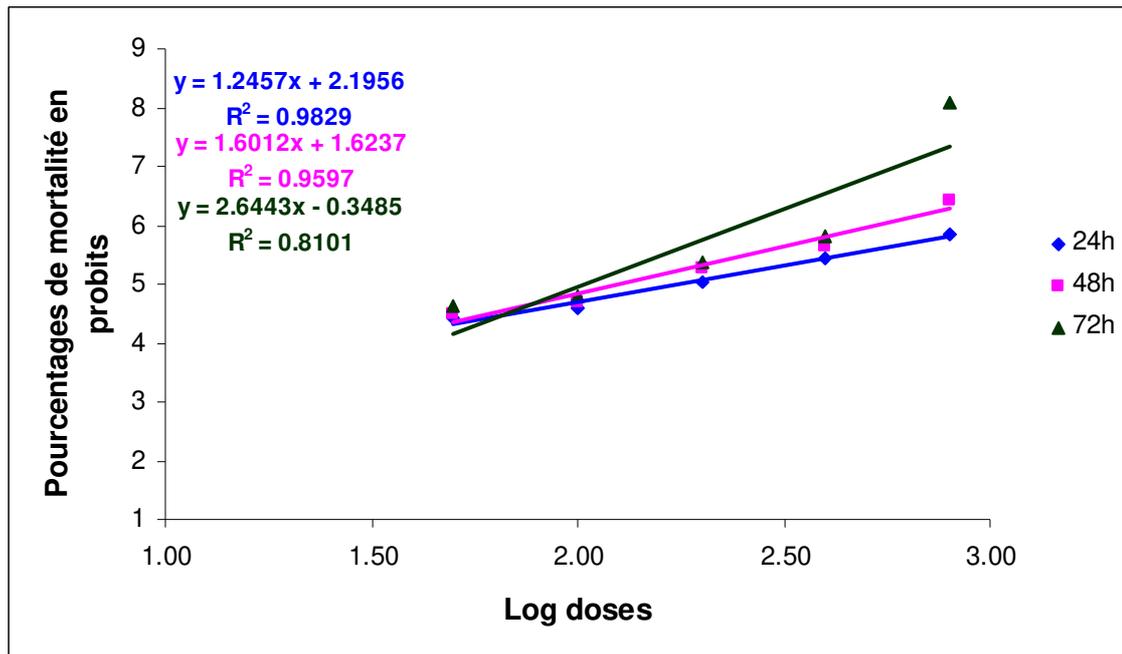


Figure 12: Droite de régression des probits à différentes doses utilisées dans l'huile essentielle de *Artemisia herba alba* sur les larves (L2) de *Meloidogyne incognita*.

La régression du logarithme du temps en fonction des probits permet de déterminer les TL50 de trois plantes utilisées avec 800µl/l comme concentration (figures 13 ; 14, et 15).

Nous avons noté que les trois plantes testées sont dotées d'un effet choc intéressant.

L'effet de choc est la mortalité provoquée durant laquelle, il y a 50% de population en moins de 24 heures. Pour *Artemisia herba alba* la TL50 obtenue est de 17 heures et 3 minutes (Tableau IV), alors que l'huile d'*Origanum glandulosum* provoque 50% de mortalité après 14 heures et 24 minutes d'exposition au toxique.

En revanche, ce même taux est enregistré après 6 heures et 55 minutes seulement pour l'huile de *Salvia officinalis*.

On peut dire que l'effet de choc le plus élevé est enregistré chez *Salvia officinalis*, suivi d'*Origanum glandulosum* et d'*Artemisia herba alba* avec une mortalité enregistrée en moins de 24 heures.

Tableau IV: Résultats des TL50 pour la mortalité des larves de *Meloidogyne incognita* pour 800 µl/l.

Plantes testées	TL 50 de 800 µl/l (heures)
<i>Origanum glandulosum</i>	14 heures et 24 minutes
Némacur	7 heures et 50 minutes
Mocap	14 heures et 59 minutes
<i>Artemisia herba alba</i>	17 heures et 3 minutes
Némacur	7 heures et 51 minutes
Mocap	8 heures et 5 minutes
<i>Salvia officinalis</i>	6 heures et 55 minutes
Némacur	5 heures et 3 minutes
Mocap	16 heures et 8 minutes

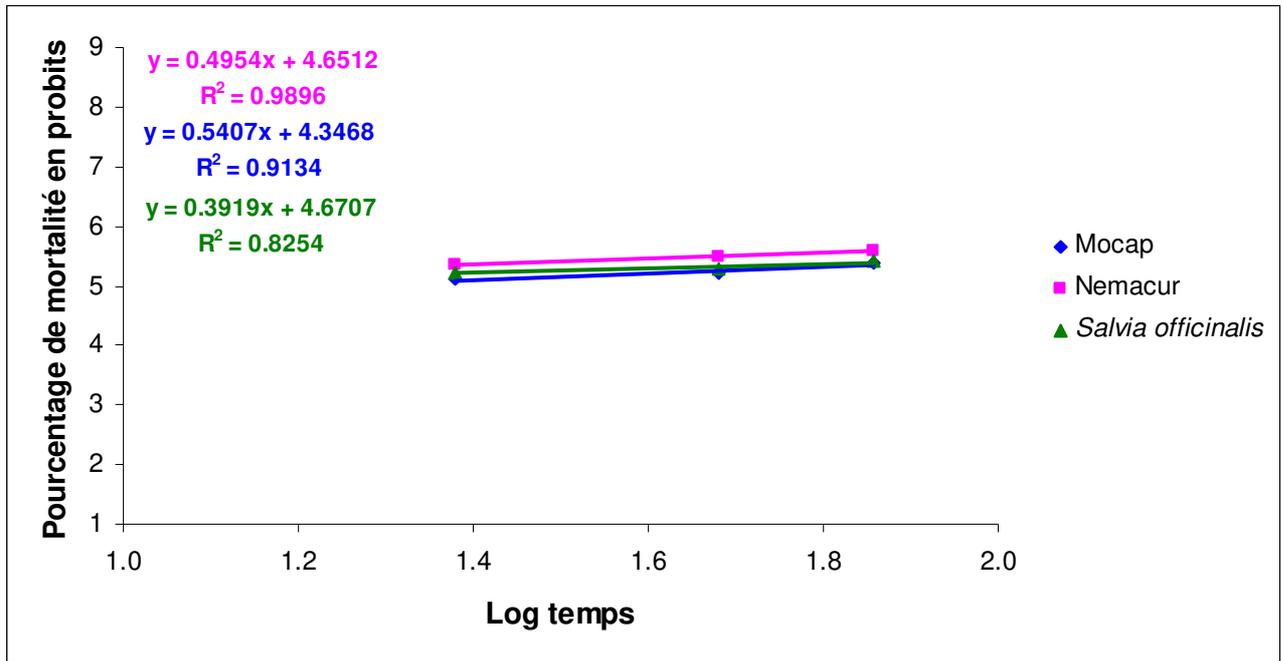


Figure 13: Efficacité de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* par rapport aux temps utilisés sur les larves (L2) de *Meloidogyne incognita*

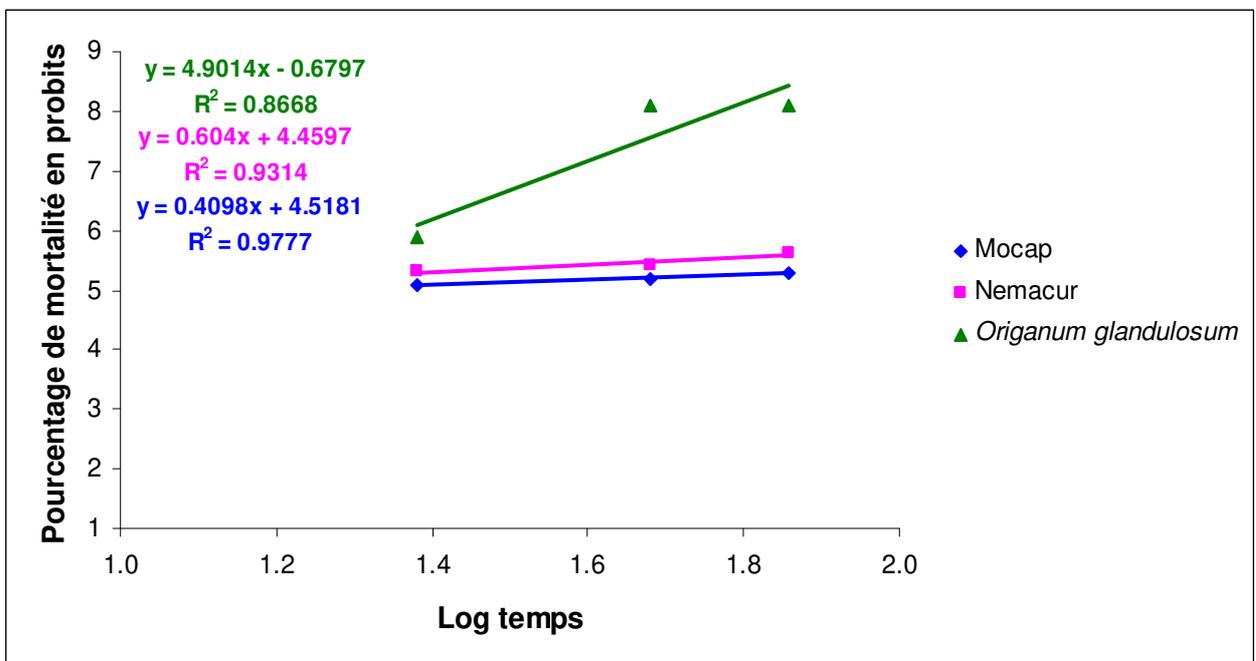


Figure 14: Efficacité de l'huile essentielle de *Origanum glandulosum* par rapport aux temps utilisés sur les larves (L2) de *Meloidogyne incognita*.

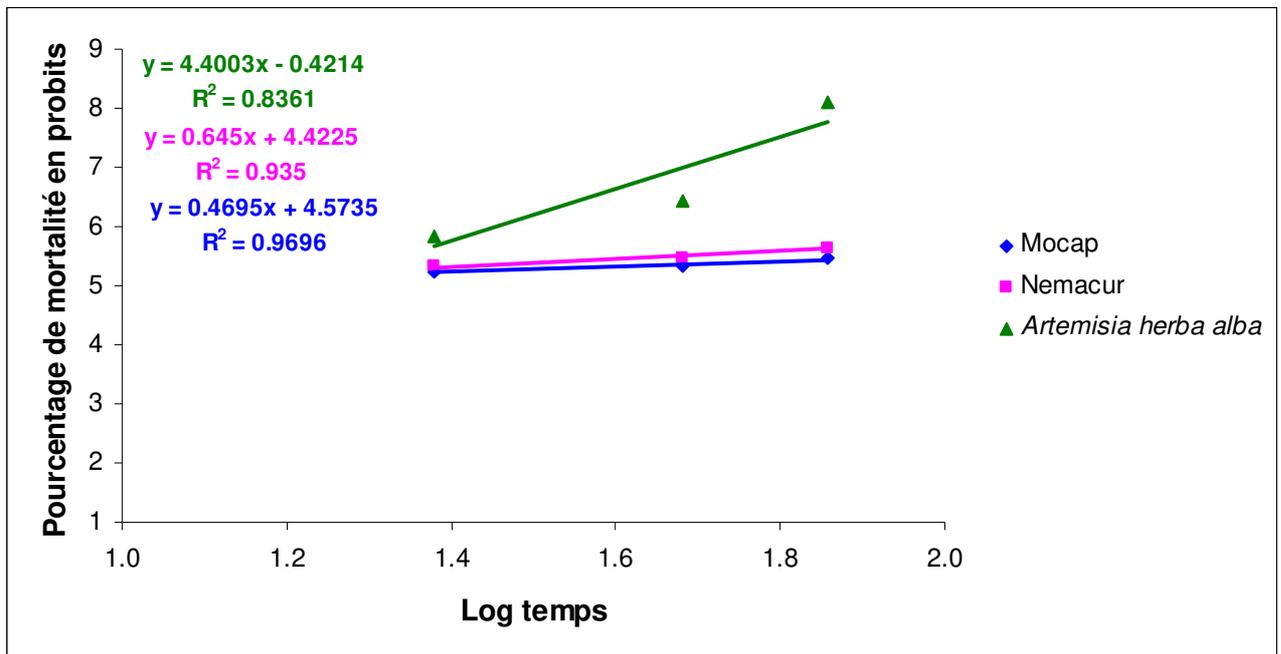


Figure 15: Efficacité de l'huile essentielle de *Artemisia herba alba* par rapport aux temps utilisés sur les larves (L2) de *Meloidogyne incognita*.

2-Effet des huiles essentielles sur l'éclosion des *Meloidogyne incognita*:

Afin de suivre l'évolution de l'éclosion des masses d'œufs incubées dans les différentes huiles essentielles, le témoin et les solutions chimiques à base du Mocap et du Némacur, nous avons établi le total d'éclosion au bout de 12 jours sous forme de courbes cumulatives (figures 16 ; 17, et 18).

Ces résultats nous permettent de constater que la courbe cumulative du témoin est différente de celles des huiles essentielles testées et des deux solutions nématocides.

L'analyse des courbes des différentes huiles essentielles a permis de mettre en évidence que le total d'éclosion est inversement proportionnel à la concentration et que ces huiles présentent relativement un nombre de larves écloses faible par rapport au témoin.

Ces données ont été confirmées par la comparaison de moyennes du nombre de larves écloses du témoin et des différents traitements en utilisant le test de Fisher (Annexe 6).

Les résultats représentant les pourcentages d'inhibition de l'éclosion des larves de *Meloidogyne incognita* des différentes huiles essentielles sont consignés dans le Tableau V.

Nous relevons que les taux d'inhibition de l'éclosion augmentent en fonction des doses testées.

Aux fortes doses (800 µl/l) le taux le plus élevé est noté chez l'huile d'*Origanum glandulosum* avec 70.31% suivi de celles d'*Artemisia herba alba* et de *Salvia officinalis* avec respectivement 62.79% et 58.52%.

Aux doses moyennes de 200 µl/l et 400 µl/l, le pourcentage d'inhibition le plus élevé est relevé chez l'huile d'Origan, il varie entre 50.19% à 57.87% suivi de celle de *Artemisia herba alba* à 56.49% à une concentration de 400 µl/l.

Aux faibles concentrations (100 µl/l et 50 µl/l), ces huiles manifestent un taux d'inhibition nettement inférieur à 50%.

Enfin, les traitements chimiques (Némacur et Mocap) ont présenté un effet similaire que le traitement avec l'Origan et l'Armoise aux doses 400 µl/l et 800 µl/l. En revanche, cet effet a été observé avec une concentration 800 µl/l pour *Salvia officinalis*. Nous relevons que le Némacur provoque une inhibition de l'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita* plus élevée à celle du Mocap.

L'analyse de la variance basée sur le test de Dunnett montre qu'il y a une différence hautement significative entre les différents traitements par rapport au témoin (Annexes 6) et aux produits chimiques (le Némacur et le Mocap). Ce même test montre qu'il y a une différence hautement significative entre l'Armoise et l'Origan qui appartiennent au même groupe B et la Sauge qui appartient au groupe A à la dose 400 µl/l, par contre à la dose 800 µl/l, les variables Sauge et Armoise appartiennent au même groupe A alors que l'Origan appartient au groupe B (Annexe 7).

Tableau V: Effet des huiles essentielles des plantes testées sur l'éclosion de *Meloidogyne incognita*.

Plantes testées	Nombre moyen des larves éclos après 12 jours					Pourcentage d'inhibition de l'éclosion par rapport au témoin				
	Doses (µl/l)					Doses (µl/l)				
	50	100	200	400	800	50	100	200	400	800
<i>Lamiaceae:</i> <i>Salvia officinalis</i>	181	163.75	148.75	116.75	85.75	12.45	20.80	28.05	43.53	58.52
Traitement chimique Mocap (10% MA)	82.5	-	-	-	-	60.10	-	-	-	-
Traitement chimique (Némacur)	71	-	-	-	-	65.66	-	-	-	-
Témoin (Tween+ethanol)	206.75									
<i>Origanum glandulosum</i>	145.75	132	99	83.75	59	26.67	33.58	50.19	57.87	70.31
Traitement chimique Mocap (10% MA)	87	-	-	-	-	56.23	-	-	-	-
Traitement chimique (Némacur)	61.75	-	-	-	-	68.93	-	-	-	-
Témoin (Tween+ethanol)	198.75									
<i>Asteraceae:</i> <i>Artemisia herba alba</i>	165.5	162.25	124.5	88	75.25	18.18	19.78	38.44	56.49	62.79
Traitement chimique Mocap (10% MA)	89	-	-	-	-	56.00	-	-	-	-
Traitement chimique (Némacur)	73.75	-	-	-	-	63.54	-	-	-	-
Témoin (Tween+ethanol)	202.25									

Chaque chiffre représente la moyenne de quatre répétitions.

— = pourcentage des traitements chimiques sur lesquels a été étudiée.

Témoin= (Tween+éthanol)

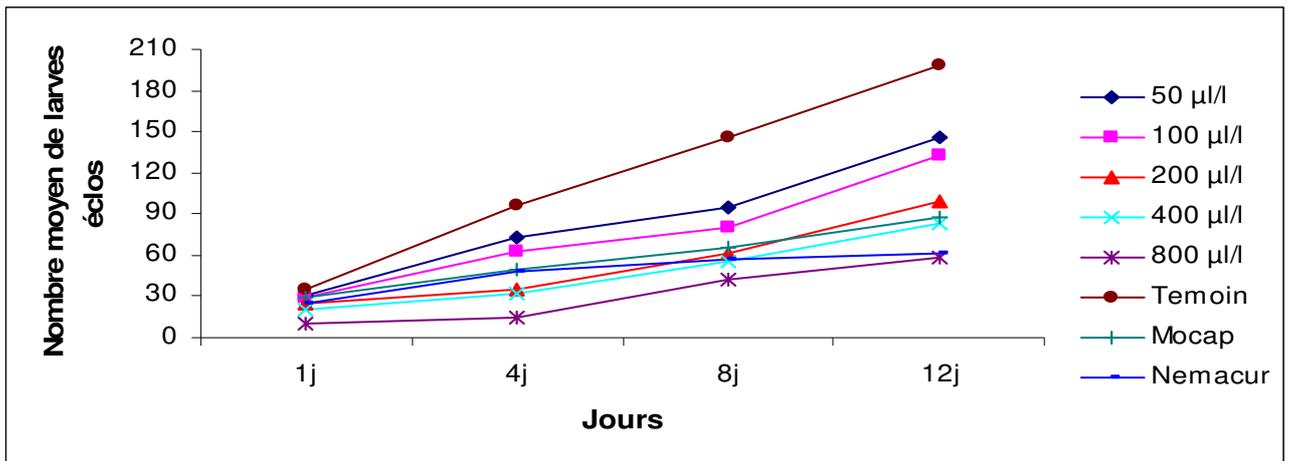


Figure 16: Nombre moyen de larves éclos de *Meloidogyne incognita* dans l'huile essentielle de *Origanum glandulosum*

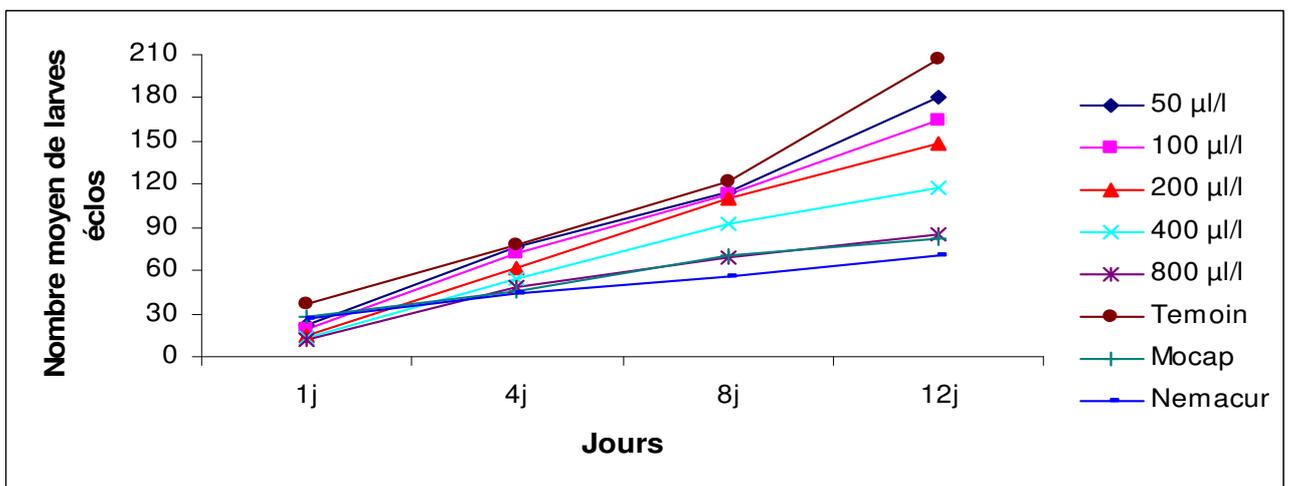


Figure 17: Nombre moyen de larves éclos de *Meloidogyne incognita* dans l'huile essentielle de *Salvia officinalis*

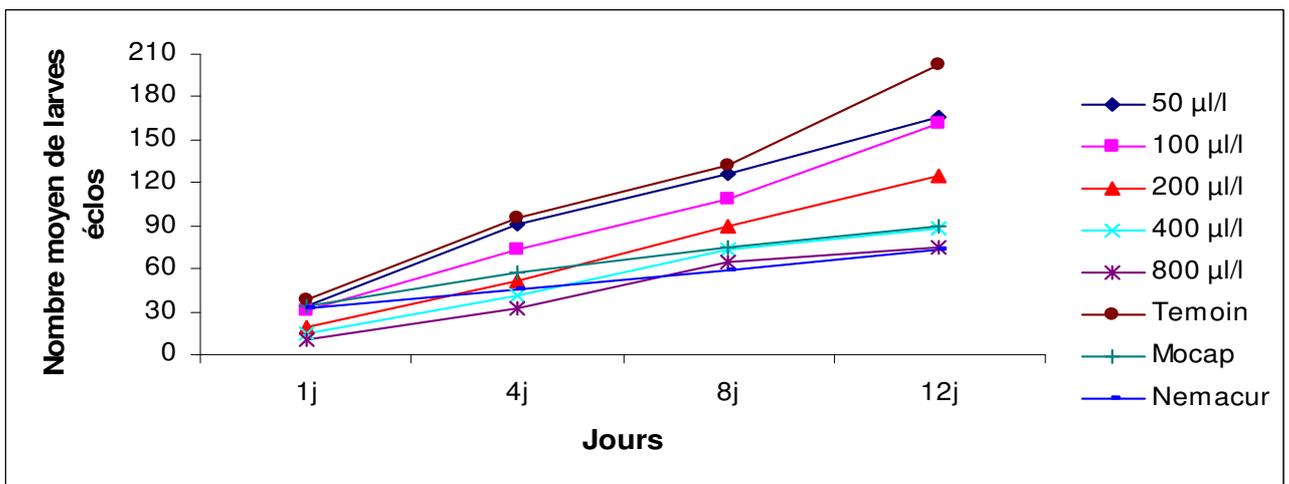


Figure 18: Nombre moyen de larves éclos de *Meloidogyne incognita* dans l'huile essentielle de *Artemisia herba alba*

3- Les Métabolites secondaires des huiles essentielles (Screening chimique):

D'après les résultats obtenus dans le tableau VI, nous notons que les principaux composés communs existant en grandes quantités dans les huiles essentielles de *Origanum glandulosum*, *Salvia officinalis* et *Artemisia 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 *Salvia officinalis* et absents chez les deux autres espèces.

La présence en quantité notable des alcaloïdes est notée seulement chez *Artemisia herba alba*. Enfin, l'huile d'Origan se caractérise par sa richesse en glucosides.

Tableau VI: Métabolites secondaires existant au niveau de 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	-	-	++
Senosides	+	-	---
Flavonoïdes	+++	++	++
Glucosides	-	+++	---
Coumarines	+	---	---

-: Absence

+: Moyennement riche

++: Plus ou moins riche

+++ : Très riche

4- Effet de l'huile essentielle de *Origanum glandulosum* sur le développement de *Meloidogyne incognita* sur tomate:

L'objectif de l'étude consiste à étudier l'efficacité de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum in vivo* aux concentrations 800µl/l et 400 µl/l sur l'incidence de la maladie.

4.1- Effet de l'huile essentielle de *Origanum glandulosum* sur le nombre de nématodes dans les racines :

Les résultats de l'effet de l'huile d'Origan sur le nombre moyen des nématodes dans les racines sont consignés dans le tableau VII.

L'utilisation des huiles avant plantation pour les deux concentrations testées (800µl/l et 400 µl/l), montre que le nombre moyen de nématodes est de 2.755 et 2.863 individus par plant respectivement.

Après plantation, ce nombre est légèrement plus élevé est atteint 2.948 à 3.158 individus par plant respectivement pour les concentrations 800µl/l et 400 µl/l de l'huile d'Origan.

Dans le cas des traitements chimiques, le nombre moyen des nématodes transformé en log (x+1) est de 3.173 et 2.832 individus par plant pour le Mocap et le Némacur respectivement.

Les effectifs de *Meloidogyne incognita* le plus élevé ont été enregistrés dans le témoin, ils sont de 3.442 individus par plant en moyenne.

Enfin, les résultats montrant que le traitement préventif aux concentrations 800µl/l et 400 µl/l est le plus efficace avec respectivement un pourcentage de diminution de 79 à 73 %. Le traitement chimique à base du Némacur a révélé une efficacité importante par rapport à celui du Mocap. En effet, le classement des moyennes des effectifs de *Meloidogyne incognita* par plant selon le test de Newman-Keuls nous indique qu'il y'a 5 groupes par rapport au témoin (Annexe 8).

L'analyse de la variance basée sur le test de Dunett montre qu'il y a une différence hautement significative entre les différents traitements par rapport au témoin (Tableau VIII).

Cependant, le traitement avant plantation aux concentrations 400µl/l présente un effet similaire au Némacur. En effet, le classement des moyennes des effectifs de *Meloidogyne incognita* par plant selon le test de Newman-Keuls nous indique qu'il y'a 4 groupes par rapport aux produits chimiques.

En revanche, le Mocap manifeste le même effet que le traitement après plantation à cette même concentration, ces données sont confirmées par les analyses statistiques (Tableau IX).

Tableau VII: Effet de l'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* sur le développement de *Meloidogyne incognita*.

Traitements	Nombre moyen de nématodes dans les racines par plant en $\log(x+1)$.	Nombre moyen de nématodes dans le sol (250g de sol) en $\log(x+1)$.	Indice de galle Moyen	Facteur de reproduction $FR=PF / Pi$
Avant plantation à la dose de 800 μ l/l	2.755	2.035	1.4	0.27
Avant plantation 400 μ l/l	2.863	2.194	1.8	0.44
Après plantation 800 μ l/l	2.948	2.275	2.4	0.43
Après plantation 400 μ l/l	3.158	2.323	3	0.66
Mocap	3.173	2.443	2.8	0.68
Némacur	2.832	2.007	1.6	0.31
Témoin	3.442	2.693	3.2	1.30

Chaque chiffre représente la moyenne de cinq répétitions.

PF : Population finale

PI : population initiale

Tableau VIII: Classement des groupes homogènes des moyennes des effectifs de *Meloidogyne incognita* par plant des différents traitements par rapport au Témoin (Test de Newman-Keuls).

Traitements	Moyennes en $\log(x+1)$	Groupes homogènes
Traitement avant plantation 800 μ l/l	2.755	A
Traitement avant plantation 400 μ l/l	2.863	B
Traitement après plantation 800 μ l/l	2.948	C
Traitement après plantation 400 μ l/l	3.158	D
Le Témoin	3.442	E

Tableau IX: Classement des groupes homogènes des moyennes des effectifs de *Meloidogyne incognita* par plant des différents traitements par rapport aux traitements chimiques: le Mocap et le Némacur (Test de Newman-Keuls).

Traitements	Moyennes en $\log(x+1)$	Groupes homogènes
Traitement avant plantation 800 μ l/l	2.755	A
Traitement avant plantation 400 μ l/l	2.863	B
Traitement après plantation 800 μ l/l	2.948	C
Traitement après plantation 400 μ l/l	3.158	D
Le Némacur	2.832	B
Le Mocap	3.173	D

4.2- Effet de l'huile essentielle de *Origanum glandulosum* sur le nombre de nématodes dans le sol:

L'analyse nématologique de sol des différents traitements nous a permis de déterminer le nombre moyen des nématodes par 250 de sol, ces résultats sont consignés dans le tableau VII.

L'utilisation des huiles essentielles avant plantation pour les deux concentrations testées 800 μ l/l et 400 μ l/l, montrent que le nombre moyen de nématodes est respectivement de 2.035 et 2.194 individus par 250g de sol.

Après plantation, ce nombre est de 2.275 à 2.323 individus par 250g de sol respectivement pour les concentrations 800µl/l et 400 µl/l de l'huile d'Origan.

Dans le cas des traitements chimiques, le nombre moyen des nématodes est enregistré à 2.443 et 2.007 individus par 250g de sol pour le Mocap et le Némacur respectivement.

Les effectifs de *Meloidogyne incognita* le plus élevé ont été enregistrés dans le témoin, ils sont de 2.693 individus par 250g de sol.

En effet, le classement des moyennes des effectifs de *Meloidogyne incognita* par 250 g de sol selon le test de Newman-Keuls nous indique qu'il y'a 4 groupes par rapport au témoin dont les traitements après plantation 400µl/l et 800µl/l font partie de même groupe homogène le C.

L'analyse de la variance basée sur le test de Dunett montre qu'il y a une différence significative entre les différents traitements par rapport au témoin (Tableau X).

Tableau X: Classement des groupes homogènes des moyennes des effectifs de *Meloidogyne incognita* par 250 g de sol des différents traitements par rapport au Témoin (Test de Newman-Keuls).

Traitements	Moyennes en $\log(x+1)$	Groupes homogènes
Traitement avant plantation 800µl/l	2.035	A
Traitement avant plantation 400µl/l	2.194	B
Traitement après plantation 800µl/l	2.275	C
Traitement après plantation 400µl/l	2.323	C
Le Témoin	2.693	E

Par rapport au traitement chimique, nous remarquons qu'il existe 4 groupes homogènes dont les traitements après plantation 800µl/l et 400µl/l font partie des mêmes groupes homogènes C.

Par contre, le traitement avant plantation aux concentrations 800µl/l présente une différence non significative par rapport au traitement chimique: le Némacur (Tableau XI). Ils appartiennent tout les deux aux groupes homogènes A.

Tableau XI: Classement des groupes homogènes des moyennes des effectifs de *Meloidogyne incognita* par 250g de sol des différents traitements par rapport aux traitements chimiques: le Mocap et le Némacur (Test de Newman-Keuls).

Traitements	Moyennes en log(x+1)	Groupes homogènes
Traitement avant plantation 800µl/l	2.035	A
Traitement avant plantation 400µl/l	2.194	B
Traitement après plantation 800µl/l	2.275	C
Traitement après plantation 400µl/l	2.323	C
Le Némacur	2.007	A
Le Mocap	2.443	D

4.3-Effet de l'huile de *Origanum glandulosum* sur l'indice de galle:

Les résultats concernant l'effet de l'huile testée sur l'indice de galles sont consignés dans le tableau VII. Dans ce dernier nous notons que l'indice de galle le plus faible est relevé pour la dose la plus élevée.

Nous avons relevé que l'indice de galle est faible pour le traitement avant plantation à des doses de 800 µl/l et 400 µl/l, il est respectivement de 1.4 et 1.8 et atteint respectivement 2.4 et 3 pour le traitement après plantation pour les mêmes doses.

Dans le cas des traitements chimiques à base de Mocap, on remarque que l'indice de galle est sensiblement le même pour celui enregistré dans le traitement après plantation à 400 µl/ avec une moyenne de 2.8. Concernant le Némacur, l'indice est sensiblement identique à celui noté dans le traitement avant plantation 400 µl/l et 800 µl/l avec une valeur de 1.6. Il demeure plus élevé au niveau du témoin avec une moyenne de 3.2.

Le classement des moyennes de l'indice de galle par plant selon le test de Newman-Keuls nous indique qu'il y'a 3 groupes par rapport au témoin au niveau des traitements

avant plantation 800 µl/l et 400 µl/l renfermant le groupes C. Le groupe B englobe les traitements après plantation 800 µl/l et 400 µl/l.

L'analyse de la variance basée sur le test de Dunett montre qu'il y a une différence significative entre les différents traitements par rapport au témoin excepté le traitement après plantation 400µl/l qui appartient au même groupe homogène A (Tableau XII).

Tableau XII: Classement des groupes homogènes des moyennes de l'indice de galle des plants des différents traitements par rapport au Témoin (Test de Newman-Keuls).

Traitements	Moyennes	Groupes homogènes
Traitement avant plantation 800µl/l	1.400	C
Traitement avant plantation 400µl/l	1.800	C
Traitement après plantation 800µl/l	2.400	B
Traitement après plantation 400µl/l	3.000	A-B
Témoin	3.200	A

La comparaison des traitements par rapport au traitement chimique a révélé la présence de 3 groupes homogènes (Tableau XIII).

L'analyse de la variance basée sur le test de Dunett montre qu'il y a une différence significative entre les traitements après plantation 800µl/l et 400 µl/l par rapport au Némacur exception faite pour les traitements avant plantation 800µl/l et 400 µl/l ou ils appartiennent au même groupe homogène le C.

On remarque que le traitement après plantation 800µl/l et 400µl/l présente une différence non significative par rapport au Mocap.

Tableau XIII: Classement des groupes homogènes des moyennes de l'indice de galle des plants des différents traitements par rapport aux traitements chimiques: le Mocap et le Némacur (Test de Newman-Keuls).

Traitements	Moyennes	Groupes homogènes
Traitement avant plantation 800µl/l	1.400	C
Traitement avant plantation 400µl/l	1.800	C
Traitement après plantation 800µl/l	2.400	B
Traitement après plantation 400µl/l	3.000	A-B
Le Némacur	1.600	C
Le Mocap	2.800	A-B

4.4-Effet de l'huile essentielle de *Origanum glandulosum* sur la croissance des plants:

L'efficacité de l'huile essentielle de *Origanum glandulosum* a été également estimée sur la croissance des plants de tomate.

D'après le tableau XIV, nous relevons que les valeurs moyennes des hauteurs des plants de tomate obtenues sont plus importantes au niveau des deux traitements chimiques le Mocap et le Némacur avec une augmentation de 12 à 30%. En revanche, le traitement avec l'huile de l'Origan à 800 µl/l avant plantation a induit une augmentation de 7%.

Après plantation, les hauteurs pour les traitements 800 µl/l et 400 µl/l restent faibles et sont approximativement similaires aux valeurs obtenues pour le témoin avec des moyennes de 33.8 cm et 33cm.

Tableau XIV: Effet des différents traitements sur la croissance des plants de tomate

Traitements	Poids moyens des racines de tomate (g)	Hauteurs moyennes des plants de tomate (cm)
Avant plantation 800 μ/l	22.8	35,2
Avant plantation 400 μ/l	20.6	34,3
Après plantation 800 μ/l	20.4	33,8
Après plantation 400 μ/l	20.4	33
Mocap	22.4	36.8
Némacur	23.8	42,6
Témoin	20, 2	32.8

Le classement des moyennes de la hauteur des plants selon le test de Newman-Keuls nous indique qu'il y'a 3 groupes par rapport au témoin dont les traitements après plantation 400 μ /l fait partie de même groupe homogène le E et après plantation 800 et avant plantation 400 de même groupe D (Tableau XV).

En effet, l'analyse de la variance de la hauteur des plants (en cm) basée sur le test de Dunett révèle une différence hautement significative de différents traitements par rapport au témoin excepté le traitement après plantation 400 μ /l.

Tableau XV: Classement des groupes homogènes des moyennes de la hauteur des plants des différents traitements par rapport au Témoin (Test de Newman-Keuls).

Traitements	Moyennes	Groupes homogènes
Traitement avant plantation 800µl/l	35.200	C
Traitement avant plantation 400µl/l	34.300	D
Traitement après plantation 800µl/l	33.800	D
Traitement après plantation 400µl/l	33.000	E
Témoin	32.800	E

Selon le test de Newman-Keul, la comparaison des traitements par rapport au traitement chimique a révélé la présence de 5 groupes homogènes (Tableau XVI).

Selon le test de Dunett, tous les traitements présentent une différence hautement significative par rapport au Némacur et le Mocap.

Tableau XVI: Classement des groupes homogènes des moyennes de la hauteur des plants des différents traitements par rapport aux traitements chimiques: le Mocap et le Némacur (Test de Newman-Keuls).

Traitements	Moyennes	Groupes homogènes
Traitement avant plantation 800µl/l	35.200	C
Traitement avant plantation 400µl/l	34.300	D
Traitement après plantation 800µl/l	33.800	D
Traitement après plantation 400µl/l	33.000	E
Le Némacur	42.600	A
Le Mocap	36.800	B

4.5- Effet de l'huile de *Origanum glandulosum* sur le poids frais du système racinaire:

Les résultats obtenus de l'effet de l'huile de *Origanum glandulosum* sur le poids frais des racines qui sont reportés dans le tableau XIV, montre que les poids moyens avec des concentrations de 800µl/l et 400 µl/l sont élevés, ils sont respectivement de 22.800g et 20.600g au niveau des plants ayant un traitement avant plantation.

Pour ce qui est des traitements après plantation, le poids à la concentration 800µl/l est identique à celui de 400 µl/l avant plantation, il est de 20.400g.

Dans le cas des traitements chimiques, on remarque que la moyenne de poids des racines du Némacur est plus élevé à ceux trouvés dans le traitement avant plantation 800 µl/l et 400µl/l, il est enregistré à 23.800 g alors que le poids des racines de Mocap est élevé à celui de traitement avant plantation 400, il est de 22.4 g ; tandis que le témoin enregistre le poids le plus bas avec 20.200g.

La comparaison des traitements par rapport au témoin selon le test de Newman-Keul a révélé la présence de 2 groupes homogènes, les traitements avant plantation 800µl/l, le Mocap et le Némacur font partie du même groupe A (Tableau XVII).

D'après le test de Dunett, tous les traitements présentent une différence non significative par rapport au témoin excepté le traitement avant plantation 800µl/l.

Tableau XVII: Classement des groupes homogènes des moyennes de poids frais du système racinaire par plant des différents traitements par rapport au Témoin (Test de Newman-Keuls).

Traitements	Moyennes	Groupes homogènes
Traitement avant plantation 800µl/l	22.800	A
Traitement avant plantation 400µl/l	20.600	B
Traitement après plantation 800µl/l	20.400	B
Traitement après plantation 400µl/l	20.400	B
Témoin	20.200	B

Selon le test de Newman-Keul, la comparaison des traitements par rapport au traitement chimique a révélé la présence de 2 groupes homogènes. Par contre le test de Dunett montre que tous les traitements ont une différence hautement significative par rapport au Némacur excepté le traitement avant plantation 800 µl/l (Tableau XVIII).

Par rapport au Mocap, tous les traitements présentent une différence non significative.

Tableau XVIII: Classement des groupes homogènes des moyennes de poids frais du système racinaire par plant des différents traitements par rapport aux traitements chimiques: le Mocap et le Némacur (Test de Newman-Keuls).

Traitements	Moyennes	Groupes homogènes
Traitement avant plantation 800µl/l	22.800	A
Traitement avant plantation 400µl/l	20.600	B
Traitement après plantation 800µl/l	20.400	B
Traitement après plantation 400µl/l	20.400	B
Le Némacur	23.800	A
Le Mocap	22.400	A-B

II. Discussion:

Les plantes constituent une source importante à partir desquelles on peut obtenir des composés protecteurs contre les différents pathogènes dits biopesticides.

Des insecticides issus des plantes sont connus déjà depuis longtemps et ont été développés et commercialisés contre les insectes c'est le cas du pyrèthre (philogène et *al.*,2005). Plusieurs composés à effet nématocide ont été isolés à partir des plantes principalement ceux de la famille des *Asteraceae*, c'est le cas de α -terthienyl isolé à partir des *Tagetes* qui présente une très grande efficacité contre les nématodes.

Cette étude nous a permis de mettre en évidence l'efficacité des huiles essentielles de trois plantes (*Origanum glandulosum*, *Salvia officinalis* et *Artemisia herba alba*) sur la mortalité des larves, le potentiel d'éclosion des œufs *in vitro* d'une part et sur le développement des larves de *Meloidogyne incognita in vivo* d'autre part. En revanche, cette activité dépend de la nature de l'huile, du temps d'exposition et de la concentration.

L'activité nématocide des huiles est probablement attribuée aux composés présents dans les feuilles des plantes testées. En effet, les plantes peuvent être toxiques et très riches en huile essentielle, cette dernière contient une dizaine de composés parmi lesquels les alcaloïdes, les diterpènes, les acides gras, les glycosinolates, les isothiocyanates, les phénols les sesquiterpènes et les thienyls (Gommers ,1981; Chitwood, 2002). Ces composés sont très connus pour leur activité nématocide.

Ainsi, selon Wuyts et *al.*, (2006) les flavonoïdes et phénols simples comme les phénylpropanoïdes, les monoterpénoïdes comme le thymol et les alcaloïdes (indole et quinone) induisent une mortalité de *Meloidogyne incognita* de 100% et inhibent l'éclosion . Ces composés agissent également en inhibant l'éclosion et réduisent les populations des larves de *Radopholus similis* et de *Meloidogyne incognita*, la DL50 est de 46µg/ml après 72 heures de traitement. Ces mêmes auteurs rapportent que les phénylpropanoïdes jouent un rôle très important dans la défense et la résistance des plantes contre les maladies et les ravageurs particulièrement les nématodes.

Par ailleurs, il est important de signaler que de nombreux travaux réalisés en Algérie ont permis l'identification des composés de *Origanum glandulosum* originaire de Bejaia. Ils ont montré que l'huile de cette plante est caractérisée par une teneur de 63.7% de carvacrol et 36.7% de thymol (Chikhoun, 2004). De même, l'identification des constituants de cette même espèce en provenance de Sétif a confirmé la présence du thymol et du carvacrol comme principaux constituants avec respectivement des teneurs de 38,8% et 32,9%. En plus de ces deux composés, 18 autres ont été identifiés chez cette même espèce dont les principaux sont représentés par le *p*-cymène et le *γ*-terpinène présents avec des teneurs de 7,9 % et 5,1% respectivement (Chikhoun, 2004).

Selon Oka et *al.* (2000) les huiles essentielles qui contiennent le carvacrol sont plus efficaces que celles qui contiennent le thymol, ainsi l'éclosion de *M. javanica* est inhibée en présence du carvacrol à une concentration de 125 µl/l contre 250 à 500 µl/l avec le thymol. En outre, Pandey (2004) rapporte que *M. incognita* est très sensible aux huiles essentielles riches en carvones, limonène et lnyl acétate en provoquant une inhibition maximale sur l'éclosion des larves aux doses 125, 250, 500 et 1000 ppm après une période de 120 heures.

Ainsi, Kordali et *al.*, (2008) montrent que la composition chimique de l'huile d'*Origanum acutidens* est constituée de carvacrol (87%), *p*-cymène (2%), linalool acétate (1.7%), borneol (1.6%), et le β -caryophyllène (1.3%). Chez *Origanum vulgare*, l'huile essentielle est composée de thymol (149.2 à 1124.4 mg/100g), de carvacrol (51.6 à 564.3 mg/100g), de *p*-cymène (20.2-220.9 mg/100g), et de γ -terpinène (50.1-217.5 mg/100g) (Jercovic et *al.*, 2001).

L'analyse des données mentionnées ci dessus montrent la grande variabilité de la composition chimique des huiles d'Origan, ces différences sont dues à plusieurs facteurs notamment les variétés des espèces, leur chemotype, l'origine de la plante, la période de la récolte, les parties de la plante utilisée et au procédé d'extraction de ces huiles essentielles (Atti-Santos et *al.*, 2004, Durling et *al.*, 2007 ; Khalfi et *al.*, 2008). De même d'autres paramètres comme les facteurs climatiques et l'intensité des métabolismes des plantes peuvent influencer la composition chimique des huiles (Galletti et *al.*, 1998).

D'autre part, l'efficacité des huiles de *Artemisia herba alba* et *Salvia officinalis* sur la mortalité et l'éclosion des larves de *Meloidogyne incognita* est probablement attribuée à leur richesse en flavonoïdes, en terpènes et en alcaloïdes. En effet, les résultats du screening chimique obtenus au cours de notre essai confirment la présence de ces constituants. Ainsi l'huile d'*Artemisia herba alba* provenant de M'sila est composée de camphore (19.4%), de trans-pinocarveol (16.9%), de chrysanthène (15.8%), et de β -thujone (15%) comme composés majeurs les monoterpènes avec 86.1% (Dob et Ben Abdelkader, 2006).

Des dérivés oxygénés (alcool, cétones) et les hydrocarbures monoterpéniques ont été identifiés dans les feuilles d'*Artemisia* (Gommers, 1981). De même, d'autres composés caractérisés comme étant des flavonoides ont été identifiés chez le genre *Artemisia* (Ferraz et Freitas, SD). Ces constituants possèdent une activité nématocide à l'égard de nombreux nématodes phytophages (Gommers, 1981 ; Chitwood, 2002 ; El Allagui et *al.*, 2006) .

Negahban et *al.* (2007) rapportent que l'huile d'*Artemisia sieberi* est constituée de monoterpènes : camphore (54.7%), camphène (11.7%) ,1.8-cineole (9.9%), β -thujone (5.6%), et α - pinène (2.5%) et que l'activité insecticide est due principalement à la présence de ces composés.

De même, Abdelgaleil et *al.*(2008) affirment que les deux composés nommés piperitone et *trans*- éthyle cinnamène isolés à partir de l'huile d' *Artemisia judaica*, ont une très grande activité insecticide et fongicide.

Le screening chimique effectuée au cours de notre essai sur l'huile d'*Artemisia herba alba* montre qu'elle est composée de tanins, de saponosides, et de flavonoides en grande majorité. Cette efficacité est due à sa richesse en monoterpènes et phenylepropanoïdes (flavonoides). Enfin l'activité nématocide des alcaloïdes existant dans les feuilles de crotalaires *Crotalaria virgulata* (*Fabaceae*), les flavonoides identifiés dans d'autres plantes par exemple les *Tagetes* possède une activité nématostatique sur les juvéniles de *Meloidogyne incognita* (Jourand et *al.*, 2004 , El Allagui et *al.*, 2006).

En ce qui concerne *Salvia officinalis*, l'identification des constituants par les analyses chromatographiques ont montré que celle-ci est composée de monoterpènes oxygénés (37.8-76.3%), de *cis* -thujone (8.8-37.1%) et le camphore (11.6-23.4%), ces deux derniers composés se sont avérés d'une très grande activité fongicide sur *Penicillium italicum*, *Fusarium moniliforme*, et *Aspergillus flavus* (Pinto et *al.*, 2007).

Ainsi, Liang et *al.*(2009) notent que l'huile extraite des fleurs de *Salvia miltiorrhiza* est composée de monoterpènes et sesquiterpènes en grande majorité, les acides et les alcanes, ces mêmes auteurs déclarent que *Salvia officinalis* et *Salvia triloba* sont dotées d'un pouvoir bactéricide.

Enfin, l'efficacité de certaines huiles essentielles extraites à partir d'autres plantes appartenant à d'autres familles botaniques a été testée. Par exemple, Leela et *al.*, (1992) rapportent que *Meloidogyne incognita* est sensible à l'huile de *Pelargonium graveolens* (*Geraniaceae*) avec un taux de mortalité de 100 % à une concentration de 826 µl/l. L'action larvicide de l'huile de *Inula helenium* (*Asteraceae*) vis à vis de *Meloidogyne incognita* est attribuée à sa richesse en sesquiterpènes (Djian-Caporalino et *al.*, 2005).

Encore, Madjoubi (2006) relève l'efficacité des huiles essentielles de *Thymus fontaneseii*, de *Mentha spicata*, de *M.piperita*, de *M.pulegium* et de *Origanum floribundum* sur la mortalité et l'éclosion de *M. incognita*.

L'analyse de ces données rejoint nos résultats du screening chimique réalisé sur l'huile essentielle de *Salvia officinalis*. Ils confirment aussi l'efficacité nématicide de l'huile de *Salvia officinalis in vitro* sur les *Meloidogyne incognita* et qui s'explique par la richesse de cette huile en monoterpènes et phénylepropanoïdes (flavonoïdes).

Il est intéressant de souligner que les composés comme les tanins, les saponines, les phénols sont connus pour intervenir dans les mécanismes de défense contre les nématodes.

Par ailleurs, l'identification des composés de l'huile d'*Artemisia 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).

Ainsi, les huiles contenant le carvacrol ont prouvé leur activité nématicide plus importante que celles renfermant le thymol (Oka et *al.* 2000).

Les constituants comme les flavonoïdes, les monoterpénoïdes et les phénols simples alcaloïdes possèdent une activité nématicide à l'égard de nombreux nématodes phytophages et particulièrement contre les *Meloidogyne* (Chitwood, 2002 ; El Allagui et *al.*, 2006; Wuyts et *al.*, 2006).

A cet effet, les travaux de Oka et *al.* (2000) signalent l'efficacité des huiles du Thym et de l'Origan qui inhibent l'éclosion de larves L2 de deuxième stade de *Meloidogyne javanica* à une concentration de 1000µl/L.

Ces mêmes auteurs affirment que les composés principaux des huiles essentielles : le carvacrol et le thymol identifiés dans *Origanum syriacum* et *Origanum vulgare* sont très efficaces sur la mobilité des larves, l'inhibition de l'éclosion des *Meloidogyne* à des concentrations inférieures de 250 à 500 μ l/l et la réduction de galles dans les racines de la tomate appliquée à une concentration de 75 mg/kg.

Toutefois, le traitement avec l'huile essentielle du thym réduit la population des nématode *in vivo* notamment chez *Hoplolaimus* spp., *Mesocriconema* spp., *Tylenchorhynchus* spp., *Hoplolaimus* spp., et *Rotylenchus buxophilus* après 60 jours d'application à 9.3 litre/ha (Perez et Lewis, 2006).

En plus de l'effet nématicide, certaines huiles testées possèdent une activité insecticide, cas de celle de *Origanum glandulosum* provenant de Sétif et ses composés le carvacrol et le thymol contre *Rhyzoperta dominica* (Coleoptera : Bostrycidae) (Khalfi et al., 2008). De même, l'effet fongicide de *Origanum dictamnus* contre *Penicilium digitatum* (Dafarera, 2000) et bactéricide de *Origanum marjorana* (Benhamida et al., 2005). Enfin, l'action antioxydante de la majorité des huiles est très connue et de *Origanum glandulosum* d'Algérie (Ruberto et al., 2002).

Comparativement aux insectes où ces huiles essentielles peuvent agir comme des fumigants toxiques grâce à leur grande volatilité et étant lipophiles, elles peuvent pénétrer dans la cuticule rapidement et interfèrent ainsi avec les fonctions physiologiques (Negahban et al., 2006).

Chez les nématodes, les mécanismes d'action de ces substances restent encore peu connus. Certains auteurs émettent l'hypothèse de la relative sensibilité des différents groupes de nématodes aux composés chimiques contenus dans les plantes en fonction de la perméabilité de la cuticule, en effet, les molécules ne peuvent avoir accès aux tissus des nématodes pénètrent à travers la cuticule.

Par contre, d'autres auteurs avancent l'hypothèse que le mode d'action est similaire à celui des insectes c'est-à-dire qu'ils agissent par inhibition des acétyl cholinestérase et rapportent que l'action de ces huiles et de leurs constituants pourraient agir au niveau du système nerveux des nématodes (Oka et *al.* , 2000 ; Abbaly et *al.*, 2004) .

Aussi, l'efficacité du Némacur par rapport au Mocap relevée dans notre expérimentation s'explique particulièrement par le mode d'action de ces deux nématicides, le premier est systémique et le second agit par contact, ces deux produits agissent par inhibition de l'acétylcholinestérase (Bunt, 1979).

De plus, parmi les organophosphorés, le Mocap est celui qui présente la plus forte réversibilité (Bunt, 1979), Les nématodes rescapés peuvent se développer et se multiplier.

D'autres facteurs peuvent également intervenir, notamment la solubilité du produit et la rémanence, le Némacur est trop mobile et plus soluble dans le sol que le Mocap (Greco et Volvas, 2007). Ces derniers auteurs recommandent l'application de ces produits avant et après plantation afin d'obtenir une meilleur efficacité par les organophosphorés.

En conclusion, ces résultats ont montré que le mode d'application de l'huile essentielle avant plantation à titre préventif est plus efficace par rapport au traitement après plantation sur les *Meloidogyne incognita* aussi bien dans le sol que dans les racines de tomate.

Ainsi, il serait souhaitable de réaliser des tests en combinant deux ou trois applications de l'huile essentielle avant et après plantation. Enfin nos résultats ont montré que les huiles testées n'ont pas stimulé la croissance des plants de tomate seuls les traitements chimiques ont permis une augmentation de la croissance. Enfin ces plantes peuvent être utilisées sous différentes formes : comme biopesticides, engrais vert, ou en rotation, mais leur efficacité est probablement liée à une stratégie spécifique en intégrant des options de contrôle multiples contre ces bioagresseurs.

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion:

Les nématodes du genre *Meloidogyne* constituent une menace pour la majorité des cultures maraîchères aussi bien en plein champ que sous abris- plastique.

Le recours aux nématicides reste le moyen le plus utilisé, cependant l'intérêt actuel de préserver l'environnement pour une agriculture durable nécessite la recherche de procédés alternatifs et les biopesticides à base de microorganismes ou de plantes constituent une voie de recherche intéressante vu les avantages qu'elle présente.

De ce fait, dans ce présent travail, nous avons tenté d'étudier d'une part l'efficacité des huiles essentielles obtenues à partir de trois plantes: *Salvia officinalis* et *Origanum glandulosum* (*Lamiaceae*), *Artemisia herba alba* (*Asteraceae*) sur la mortalité des larves et l'éclosion des œufs de *M. incognita in vitro*, et l'efficacité de l'application de l'huile de *O.glandulosum* sur le développement des *Meloidogyne* sur tomate et d'autre part les analyses phytochimiques (screening-chimique) de ces trois plantes.

In vitro, les résultats ont montré que les huiles essentielles testées ont présenté une activité nématicide sur la mortalité des larves et sur l'éclosion des œufs de *M. incognita*. Cette activité dépend de la dose et du temps d'exposition. Ainsi, le taux maximal de mortalité a été relevé dans la concentration la plus élevée et durant la période d'exposition la plus longue.

Ainsi, la mortalité des larves du deuxième stade à forte dose (800 µl/l) atteint les 100% après 48 heures chez l' *Origanum* et la DL50 est de 89.74 µl/l après 72 heures d'exposition.

Aux faibles concentrations, les huiles des trois plantes testées sont peu efficaces, les pourcentages de mortalité sont inférieurs à 50%.

Au niveau de l'éclosion et à raison de 800 µl/l, le taux d'inhibition le plus élevé a été noté chez *Origanum glandulosum* avec 70.31% suivi de *Artemisia herba alba* à 62.79

In vivo, l'application de l'huile d'*Origanum glandulosum* dans le sol est plus efficace avant (traitement préventif) qu'après plantation ; ainsi une diminution des populations de *Meloidogyne incognita* de 79 % a été notée avec une concentration de 800 µl/l. Avec cette même dose, une diminution de 63% après plantation a été enregistrée.

En ce qui concerne l'effet de l'huile essentielle sur la croissance des plants de tomate, les résultats ont montré que seuls les traitements chimiques ont contribué à une augmentation de la croissance des plants de tomate avec respectivement 30 % et 16 % pour le Némacur et le Mocap. Le traitement à l'huile avant plantation à 800 µl/l a permis une augmentation négligeable de l'ordre de 7%.

Par ailleurs, le screening chimique nous a permis de mettre en évidence les principaux métabolites, ainsi l'origan est caractérisé par sa richesse en tanins, en saponosides, en glucosides et en flavonoïdes; l'armoise blanche par les alcaloïdes et enfin, la sauge par les quinones libres, les sénosides et les coumarines. De ce fait, il serait souhaitable de déterminer la teneur et les différentes fractions de ces composés par CG SM (Chromatographie des gaz et analyses par Spectrométrie de Masse), celle-ci permettrait l'évaluation précise de la concentration des constituants majoritaires.

Ces travaux ouvrent de larges perspectives, ainsi, le développement des pesticides naturels peut diminuer les impacts négatifs des produits synthétiques comme les résidus, la résistance et la pollution de l'environnement. À cet égard, les nématicides naturels peuvent être efficaces, sélectifs, biodégradables et peu toxiques pour l'environnement. Cependant une évaluation technico-économique s'avère nécessaire pour confirmer l'utilisation de ces huiles comme biopesticides.

Il serait intéressant d'étudier d'une part la combinaison des traitements avant et après plantation de l'huile essentielle de l'Origan contre les *Meloidogyne* et d'autre part de rechercher des plantes à caractère nématicide, déterminer leur mode d'action afin d'exploiter leur utilisation en lutte biologique pour une éventuelle formulation de biopesticides comme moyen alternatif aux nématicides conventionnels.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques:

- **ABBLAY L.E., SEQUVEDA R., INSUNZA V., 2004.** Evaluation of five nematode antagonistic plants used as manure to control *Xiphinema index* thorne et allen on *Vitis vinifera*. Nematropica. Vol.34, pp.45-52.
- **ABDELGALEIL S., ABBASSY M., BELAL A., ABDEL RASSOUL M., 2008.** Bioactivity of two major constituents isolated from the essential oil of *Artemisia judaica* L. Bioresource Technology. Vol.99, p.5947-5950.
- **ABO ELNAGA H.T., AHMED N.G., 2006.** Effect of some essential oils and plant extracts on controlling *Botrytis allii* the causal pathogen of onion neck rot disease. Abstract. J.Ninth Arab Congress of plant protection 1923 Nov.Damascus.Syrie.158 p.
- **AFNOR., 2000.** Association Française de normalisation. Norme française:huile essentielle. Ed. Afnor, Paris, 663 p.
- **AGRIOS G., 2005.** Plant pathology.5^{eme} edition. Elsevier Academic Press, U.S.A, 922 p.
- **AGUDELO P.A., LEWIS S.A et ABRIL M.A., 2006.** First report of root knot nematode *Meloidogyne javanica* on *chrysanthemum* in Colombia. Plant disease.Vol.90, pp.828.
- **AKHTAR Y., ISMAN M.B., 2004.** Comparative growth inhibitory and antifeedant effects of plant extracts and pure allelochemicals on four phytophagous insect species. J. Appl. Ent.Vol.128, pp.32-38.
- **ANONYME., 1986.** Les huiles essentielles et oléorésines. Etude portant sur divers pays producteurs et les principaux marchés (c). Suisse, 236 p.
- **ANONYME, 1991.** Pharmacopée russe 11 éditions, tome II. Moscou, 1250 p.
- **ANONYME,1997.** Encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparation, soins, Ed. Larousse, Paris, 336p.
- **ANONYME, 2005.** Plantes aromatiques (épices, aromates, condiments et huiles essentielles).Ed.Lavoisier et Tec et Doc.Italie.Pp. 26-32.
- **ANONYME, 2006.** Statistique agricole : Superficie et production, Série B, Ministère de l'agriculture, 64 p.
- **ANONYME, 2007.** Plantes médicinales.Ed.Marabout, Paris, 191 p.
- **ANONYME, 2007.** Index des produits phytosanitaires a usage agricole. Ed. Direction de la protection des végétaux et des contrôles techniques, Ministère de l'agriculture et du développement rural, 252 p.
- **ANTONIOU PP., TJAMOS E.C., PANAGOPOULOS C.G., 1995.** Use of soil solarisation for controlling bacterial canker of tomato in plastic houses in Grece .Plant pathology, vol.44, pp: 438-447.
- **ATTI-SANTOS A.C., PANSERA M.R., PAROUL N., ATTI-SERAFINI L. and MOYNA P. 2004.** Seasonal Variation of Essential Oils Yield and Composition of *Thymus vulgaris* L. (*Lamiaceae*) from South Brazil. J. Essent. Oil Res., **16**, 294-295.
- **AUGER J., et THIBOUT E., 2005.** Sulfur compounds derived from *Allium* and Crucifer in biopesticides of plant origine.Paris, pp.70-86.
- **BAKKALI F., AVERBECK S., AVERBECK D., IDAOMAR M., 2008.** Biological effects of essential oils-A review. Food and chemical toxicology.Vol.46, pp.446-475.
- **BARDEAU F., 1979.** La médecine par les fleurs. Ed. Robert la fonte. Paris, pp.47-61.

- **BEN- HAMIDA A., -BEN-AZZEDINE N. and ABDELKEFI M.M., 2005.** Antibacterial screening of *Origanum marjorana* L. Oil from Tunisia .J.Essent.Oil Res.Vol.13.Pp.295-297.
- **BOUTEKJIRET C., KHALFI O ET HACIB H., 2007.** Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle d'Armoise blanche : *Artemisia herba alba*. Congrès International sur les plantes aromatiques et médicinales .Fès (Maroc) du 22-24 Mars.
- **BRUNETON J., 1993.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 2^{ème} Ed. Lavoisier. Paris, pp. 385- 623.
- **BRUNETON J., 1995.** Essential oils in Pharmacognosie, phytochemistry, médicinales plantes. Ed. Tec et Doc. , Lavoisier. Paris, pp. 405-465.
- **BRUNETON J., 1999.** Essential oils in Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Ed. Tec et Doc. , Lavoisier. Paris, pp. 484-535.
- **BRUNETON J., 2005.** Plantes toxiques végétaux dangereux pour l'home et les animaux. Ed. Tec et Doc. Paris, 618p.
- **BUNT J.A., 1979.** Effect and mode action of nematicide ethoprophos. Meded. Fac. Landbouwwet, Gent., vol.44, pp., 357-366.
- **CABARET J., 1986.** 167 plants pour soigner les animaux.Ed. du point vétérinaire, Paris, 192 p.
- **CARNEIRO R.M.D.G., TIGANO M.S., LOPES JORGE C., OLIVEIRA TEXEIRA AC. et CORDEIRO MC., 2004.** Selection and polymorphism of *pasteuria penetrans* isolates in relation to *Meloidogyne spp.* from coffee. Nematology .Vol.6, pp.37-47.
- **CASTAGNONE-SERENO P., 2002.** Genetic variability in parthenogenetic root knot nematodes, *Meloidogyne spp.* And their ability to overcome plant resistance genes. Nematology. Vol.4, pp.605-608.
- **CASTILLO P., NICO A.I., JIMENEZ-DIAZ R.M., 2003.** Solarisation of soil in piles for the control of *Meloidoyne incognita* in olive nurseries in southern Spain .Plant pathology, vol. 52, pp.770-778.
- **CASTILLO P., LANDA B.B., NAVAS-CORTES J.A, VOVLAS N., JIMENEZ-DIAZ R.M., 2006.** First report of *Meloidogyne arenaria* parasiting lettuce in southern Spain. Plant disease.V.90, p.975.
- **CAVELIER A., 1975.** Cours photocopié de phytopharmacie. INA.El HARRACH, Alger. Tome 1.128 p.
- **CAYROL J.C, FRANKOWSKI J.P., 1979.** Une méthode de lutte biologique contre les nématodes à galles des racines appartenant au genre *Meloidogyne*. Ed.P.M.H., revue horticole, N.273, pp.15-23.
- **CAYROL J.C., DJIAN C., PANCHAUD-MATTEI E., FRANKOWSKI J.P., PIJAROWSKI L., 1992.** Lutte biologique contre les nématodes phytoparasites possibilités actuelles et perspectives. Bull .Info .Zool .N.7, PP. 56-62.
- **CAYROL J C., DJIAN C., PANCHAUD-MATTEI E., 1993.** La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites.Courrier de la cellule environnement de l'INRA N.17, PP.31-44.
- **CHAMOULEAU A., 1979.** Les usages externes de la phytothérapie .Ed.Maloine, Paris, 270p.
- **CHATTERJEE A., LASKAR S., AND GHOSHMAJUMDAR S., 1982.** Nematicidal principles from two species of *Lamiaceae* .J. Nematol .Vol.14, pp.118-120.

- **CHIKHOUNE A., 2004.** Huiles essentielles d'espèces endémiques algériennes de thym et d'origan : composition chimique et activité antioxydantes sur une huile alimentaire. Thèse. Ing. Agro. I.N.A. El-Harrach, 97 p.
- **CHITWOOD D.J., 2002.** Phytochemical based strategies for nematode control. Ann. Rev. Phytopathol. N.40, Pp.49-221.
- **CHOI I., PARK J.C., SHINS S.C., PARK I.K., 2006.** Nematicidal activity of medicinal plant extracts and two cinnamates isolated from *Kaempferia galangal L.* (proh hom) against the pine wood nematodes, *Bursaphelenchus xylophilus*. Nematology, vol.8, pp.359-365.
- **CHOUAT Z., 2005.** Efficacité de deux huiles essentielles et d'un acaricide vis à vis de *Tetranychus cinnabarinus* Bois duval (1867) (*Acari: Tetranychidae*). Mem. Ing. Agr. Inst. Nat. Agro. Alger. 61p.
- **COOLEN W.A.; HERD C.J., 1972.** A method for quantitative extraction of nematodes from plant tissue. State Agriculture research center, Ghent, 77 p.
- **COPPEN J.J.W., 1995.** Basic principles of steam distillation in flavours and fragrances of plant origine. Rome, 101p.
- **CURTIS H., NOLL U., STORMANN J. et SLUSARENKO A.J., 2004.** Broad-spectrum activity of the volatile phytoanticipin allicin in extracts of Garlic (*Allium sativum L.*) against plant pathogenic bacteria, fungi and oomycetes. Physiological and molecular plant pathology. Vol. 65. PP.79-89.
- **CURTO G., DALLAVALLE E. et LAZZERI L., 2005.** Life cycle duration of *Meloidogyne incognita* and host status of Brassicaceae and Capparaceae selected for glucosinolate content. Nematology. Vol.7, pp.203-212.
- **DALMASSO A., 1966.** Méthode simple d'extraction des nématodes du sol. Rev d'école. vol.3. pp.474-476.
- **DAVIS KG. et WILLIAMSON V.M., 2006.** Host specificity exhibited by population of endospores of *Pasteuria penetrans* to the juveniles and male cuticles of *Meloidogyne hapla*. Nematology. Vol.8, pp.475-476.
- **DE GUIRAN G. et NETSCHER G., 1970.** Les nématodes du genre *Meloidogyne*. Parasites des cultures tropicales. Cahier O.R.S.T.O.M. série nématologie : 151-181.
- **DE GUIRAN G., 1971.** Le problème des *Meloidogyne* et autres nématodes sur cultures vivrières tabac, café et riz in les nématodes des cultures. Ed. Acta. , Paris, pp.447-474.
- **DE GUIRAN G., 1983.** Les nématodes parasites des cultures en pays tempéré. Ed. Le littoral. S.A Bezier., 42 p.
- **DI VITO M., GRECO N. AND CARELLA A., 1983.** The effects of population densities of *Meloidogyne incognita* on the yield of cantaloupe and tobacco. Nematol. medit. Vol.11, pp.169-174.
- **DI VITO M., GRECO N., CARELLA A., 1985.** Population densities of *Meloidogyne incognita* and yield of *Capsicum annum*. J.Nematol. Vol.17, pp.45-49.
- **DI VITO M., GRECO N., CARELLA A., 1986.** Effect of *Meloidogyne incognita* and importance of the inoculum on the yield of egg plant. J.Nematol. Vol. 18, pp.478-490.
- **DI VITO M., CIANCIOTTA V., ZACHEO G., 1991.** The effect of population densities of *Meloidogyne incognita* on yield of susceptible and resistant tomato. Nematol. medit. 19 : 265-268.

- **DJENANE D., MEDDAH A., RONCALES P., 2006.** Les systèmes antioxydants et antimicrobiens pour la conservation de la viande. Science des aliments. Vol.26, pp.37-73.
- **DJIAN-CAPORALINO C., 1991.** Etat actuel des connaissances sur les substances nématocides produites par des microorganismes et des végétaux supérieurs. 3^{ième} Symposium sur les substances naturelles. Ed. Cecile et Cie, pp. 83-87.
- **DJIAN-CAPORALINO C., PANCHAUD-MATTEI E., 2002.** La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. Revue horticole. N° 392, pp.14-33.
- **DJIAN-CAPORALINO C., BOURDY G., et CAYROL J.C., 2005.** Nematicidal and nematode resistant plants in biopesticides of plant origin. Ed. Lavoisier, Paris, 323 p.
- **DJIAN -CAPORALINO C., BOURDY G., CAYROL J.C., 2006.** Plantes nématocides et plantes résistantes aux nématodes in biopesticides d'origine végétal. Ed. Tec et Doc. Et Lavoisier, Paris. Pp.187-241
- **DOB T., BENABDELKADER T., 2006.** Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba alba* Asso grown in Algeria. Journal of Essential Oil Research .Vol. 4091, 6p.
- **DURAFFOURD C., VALNET. J., LAROZ J.C., 1978.** Une médecine nouvelle. Paris, 41p.
- **DURLING N., CATCHPOLE O., GREY J., WEBBY R., MITCHELL K., FOO L., PERRY N., 2007.** Extraction of phenolics and essential oil from dried sage (*Salvia officinalis*) using ethanol-water mixtures. Food Chemistry, vol.101, pp.1417-1424.
- **DUVAL J., 1993.** Les plantes nématocides. Ecological Agriculture projet .Nematol. (2) , pp.1-28.
- **EI ALLAGUI N., BOURIJATE M., TAHROUCH S., HATIMI A., 2006.** Effet de cinq extraits végétaux sur *Meloidogyne spp.* de la tomate. Biochimie internationale. Agadir, 09-12 Mai 2006. Biochimie, substance naturelles et environnement. pp.375-360.
- **EVANS K., TRUDGILL D.L., WEBSTER J.M., 1993.** Plant parasitic nematode on temperate agriculture. Ed. Cab International, London, 647 p.
- **EVERTS K.L., SARDANELLI S., KRATOCHVIL R.J, ARMENTROUT D.K., et GALLAGHER L.E., 2006.** Root knot and root lesion nematode suppression by cover crops, poultry litter and poultry litter compost. Plant disease, vol.90, and pp.487-494.
- **FADLI S., KESSI A., 2005.** Composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles du *Thymus numidicus* et *Origanum floribundum*. Mem.Ing.Agr. Inst. Nat.Agro. Alger. 85p.
- **FERRAZ S., FREITAS LG., SD.** O controle de fitonematoides por plantas antagonistas productos naturais. Cadermos didaticos, UFV. Viçosa.18p.
- **FERRIS H., VANGUNDY S.D., 1979.** *Meloidogyne* ecology and host interrelationships. In Lamberti et Taylor (root knot nematode).Ed.Acad.Press.London, pp., 205-230.
- **FUNK et WAGNALLS, 2004.** Encyclopédie britannique Funk et Wagnalls. URL: <http://www.Funkandwagnalls.Com>.
- **GELU R., 1989.** Les techniques d'extraction par fluide supercritiques appliquées à l'industrie aromatique, industrie alimentaire agricole. Ed.Ballierie et fils, pp.119-140.

- **GOMMERS F.J., 1981.** Biochemical interaction between nematodes and plants and their relevance to control. *Helminthological Abstracts*, Series B 50, 9-21.
- **GRECO N. AND VOLVAS N., 2007.** The stem and Bulb nematode *Ditylenchus dipsaci*: A worldwide severe parasite of many crop plants. *Fitopatol. Venez.* Vol.20, pp.2-14.
- **HARRANGER J., 1971.** Les nématodes des cultures maraîchères. In « Les nématodes des cultures ». Ed. A.C.T.A., Paris. pp.351-376.
- **HOOPER D.J et EVANS K., 1993.** Extraction, identification and control of plant parasitic nematodes in plant parasitic nematodes in temperate agriculture. *Cab international*, London, 648 p.
- **JERCOVIC I, MASTELIC J., MILOS M., 2001.** The impact of both the season of collection and drying on the volatile constituents of *Origanum vulgare* L.ssp.*hirtum* grown wild in Croatia.
- **JONES J.B., STOLL RE., ZITTEN T.A., 1997.** Compendium of tomato diseases A.P.S press. The American phytopathological society, U.S.A., 73 p.
- **JORDAN K.S., MITKOWSKI N.A., 2006.** Population dynamics of plant parasitic nematodes in golf course greens turf in southern New England. *Plant disease*, vol.90, pp.501-505.
- **JOURAND P., RAPIOR S., FARGETTE M., et MATEILLE T., 2004.** Nematostatic effects of a leaf extracts of *crotalaria virgulata* sub sp *grantiana* on *Meloidogyne incognita* and its use to protect tomato roots. *Nematology*. Vol.6, pp.79-84.
- **KADIOGLU I., YANAR Y., 2004.** Allelopathic effects of plant extracts against seed germination of some weeds. *Asian J.Plant Sci*. Vol.3, pp.472-475.
- **KARAJEH M., ABU GHARBIEH W., et MASSAOUD S., 2005.** First report of the root knot nematode *Meloidogyne arenaria* race 2 from several vegetable crops in Jordan. *Pant disease*. Vol.89, pp.206.
- **KARESEN G AND MOENS M., 2005.** Root -Knot nematodes in *Plant Nematology*. Ed .Perry R. and Moens M ., CAB .International .440p.
- **KASKAVALCI G., 2007.** Effects of soil solarization and organic amendment treatments for controlling *Meloidogyne incognita* in tomato cultivars in western Anatolia. *Turk.J.Agric.For*, Vol.31, PP.159-167.
- **KATAN J., 1987.** Soil solarization in : CHET I. Ed. *Innovative Approaches to plant disease control*. J. Wiley and sons, New York, pp. 77-105.
- **KATAN J., 2000.** The methyl bromide issue: problems and potential solutions. *Journal of plant pathology*, vol.81, pp.153-159.
- **KHALFI O., BENYOUCEF EH., YAHYAOUI N., 2006.** Extraction, Analysis and insecticidal activity of Sprint mite essential oils from Algeria against *Rhyzoperta dominica* .*J.E.O.D.P. N* °9(1), pp. 17-21.
- **KHALFI O., SAHRAOUI N BENTAHAR F AND BOUTEKEDJIRET C. 2008.** Chemical composition and insecticidal properties of *Origanum glandulosum* (Desf) essential oil from Algeria. *J.Sci .Food. Agri* 88 .Pp.1562-1566 .
- **KHALFI –HABES O., BOUTEKEDJIRET C. AND HACIB H ., 2009.** Evaluation du potentiel biocide de trois huiles essentielles extraites de plantes algériennes sur *Rhyzoperta dominica*. *Colloque International sur la gestion des risques phytosanitaires Marrakech, Maroc, 9_11 nov* .pp.297-306 .
- **KIEWNICK S. et SIKORA R.A., 2006a.** Biological control of the root knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* strains 251. *Biological control*. Vol.38, pp.179-187.

- **KIEWNICK S. et SIKORA R.A., 2006b.** Evaluation of *Paecilomyces lilacinus* strain 251 for the biological control of the northern root knot nematode *Meloidogyne hapla*. *Nematology*, vol.8, pp.69-78.
- **KISHORE G.K., PANDE S., HARISH S., 2007.** Evaluation of essential oils and their components for broad spectrum antifungal activity and control of late leaf spot and crown rot disease in peanut. *Plant disease*, vol.91, pp.375-379.
- **KORDALI S., CAKIR A., OZER H., CAKMAKCI R., KESDEK M., METE E., 2008.** Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. *Bioresource Technology*, vol.99, pp.8788-8795.
- **KOTH H.W., 2007.** 1000 plantes aromatiques et medicinales. Ed. Terrs, Paris, 336 p.
- **LEELA N.K., KHAN R.M., REDDY P.P. and NIDIRY E.S.J., 1992.** Nematicidal activity of essential oil of *Pelargonium graveolens* against the root- Knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Nematol. mediterr.*, vol.20, pp. 57-58.
- **LIANG Q., LIANG Z., WANG J., XU W., 2009.** Essential oil composition of *Salvia miltiorrhiza* flower. *Food chemistry*, vol.113, pp.592-594.
- **MADJOUBI K., 2006.** Contribution a l'activité nematicide de quelques Huiles Essentielles vis a vis de *Meloidogyne incognita* (Nematoda:Meloidogynidae). Thèse. Ing. Agr.Inst.Natio. Agro.El- Harrach, pp.52p.
- **MATTHIESSEN J.N. et KIRKEGAARD J.A., 2006.** Biofumigation and enhanced biodegradation: opportunity and challenge in soil borne pest and disease management. *Plant sciences*, vol.25, 235-265.
- **MEDJAHED F., 2004.** L'Algérie continue d'importer la tomate :le volume de production en tomate fraiche demeure encore faible comparativement aux pays voisins, notamment la Tunisie et le Maroc .*Journ.Liberté*, 11 Déc.2004, 1 p.
- **MEYER S.L.F., HUETTEL R.N., LIU X.Z., HUMBER R.A., JUBA J. et NITAO J.K., 2004.** Activity of fungal culture filtrates against soybean cyst nematode egg hatch and juvenile motility. *Nematology*, vol.6, pp.23-32.
- **MOKABLI M., 1988.** Principaux facteurs qui déterminent l'importance et l'agressivité des *Meloidogyne* sous abri serre en Algérie. Thèse. Mag. Agro. I.N.A. El-Harrach, 69 p.
- **MOMOL M.T., JI P., OLSON S.M., et PRADHANANG P.M., 2005.** Evaluation of thymol as biofumigant for control of bacterial wilt of tomato under field conditions. *Plant disease*, vol.89, pp.497-500.
- **MORRA L., BILOTTO M., DE MAIO M., 2005.** Difesa integrata del peperone contro la cancrena pedale. *Orticoltura*, vol.14, p.53-57.
- **NAVES MM. ,1974.** Qu'est ce qu'une huile essentielle. Ed.Masson.Pris,200 p.
- **NEGAHBAN M., MOHARRAMIPOUR S., et SEFIDKON F., 2006.** Chemical composition and insecticidal activity of *Artemisia scoparia* Essential Oil against three Coleopteran stored-product insects. *J.Asia-Pacific Entomol.* Vol.9 (4), pp.381-388.
- **NEGAHBAN M., MOHARRAMIPOUR S., et SEFIDKON F., 2007.** Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* Besser against three stored-product insects. *Journal of Stored Products Research.* Vol.43, pp.123-128.
- **NGAMO L. S. T., 2004.** A la recherche d'une alternative aux polluants naturels persistants. *Bull. Info. Phytosanitaire*, n° 43.
- **O'FLAHERTY S.M.,HIRSCH P.R. et KERRY B.R.,2003.**The influence of the root knot nematode *Meloidogyne incognita* , the nematicide aldicarb and the

nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* on heterotrophic bacteria in soil and the rhizosphere. European journal of soil science, vol.54, pp.759-766.

- **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. Phytoathologie, vol.90, pp.710-715.
- **OKA Y., BEN DANIEL B. et COHEN Y., 2001.** Nematicidal activity of powder and extracts of *Inula viscosa*. Nematology, vol.3, pp.735-742.
- **ORTON W.K., 1973.** *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne arenaria* et *Meloidogyne incognita*. C.I.H. Description of plant parasitic nematode. Set 1, 2,3 N.18, pp. 1-15.
- **OXENHAM S.K., SVOBODA K.P., et WALTERS D.R., 2005.** Antifungal activity of the essential oil of basil (*Ocimum basilicum*). Journal of phytoathology, vol.153, p.174-180.
- **PANDEY R., 2004.** Essential oil constituents as useful source of nematicidal activity. Nematological abstracts, vol.74, 266 p.
- **PAPACHRITOS D.P., STAMPOULOS D.C., 2002.** Repellent, toxic and reproduction effects of essential oils vapour on *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera:bruchidae). Journal of stored products researchs, vol.38, pp.117-128.
- **PARIS R.R et MOYSE H., 1965.** Précis de matière médicale. Ed. Masson et cie Tome I, 416p.
- **PARK I.K., PARK J.Y., KIM K-H., CHOI K.S., CHOI I.H., KIM C.S., et SHIN S.C., 2005.** Nematicidal activity of plant essential oils and components from garlic (*Allium sativum*) and cinnamon (*Cinnamomum verum*) oils against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). Nematology, vol.7, pp.767-774.
- **PELLURIN P., 2001.** Extraction par le CO₂ a l'état supercritique. Ann. Fals. Exp. Chim. Vol.94, n.954, pp.51-62.
- **PEREZ E.E. et LEWIS E.E., 2006.** Use of entomopathogenic nematodes and thym oil to suppress plan parasitic nematodes on English borwood. Plant diseases, vol.90, pp.471-475.
- **PHILOGENE B.J.R., REGNAULT C.R. et VINCENT C., 2005.** Botanicals: yesterday's and today's promises in bipesticides of plan origin. Ed. Lavoisier. France, 1-13.
- **PHILOGENE B.J.R., REGNAULT C.R. et VINCENT C., 2005.** Produits phytosanitaires, insecticides d'origine végétales, promesse d'hier et d'aujourd'hui in bioesticides d'origine végétales. Ed. Lavoisier et Intercept L.T.D., Paris. pp.1-15
- **PINTO E., SALGUEIRO L., CAVALEIRO C., PALMEIRA A., GONÇALVES M., 2007.** *In vitro* susceptibility of some species of yeast and filamentous fungi to essential oils of *Salvia officinalis*. Industrial Crops Products. Vol.26, pp.135-141.
- **PUDASAINI M.P., VIAENE N., MOENS M., 2006.** Effect of marigold (*Tagets patula*) on population dynamics of *Pratylenchus penetrans* in a field. Nematology. Vol.8, p.477-484.
- **RADWALD J D., 1978.** Nematode disease of food and fiber crops of the south western United States. Ed. Division of agricultural science university of California, 64 p.
- **RAVINDRA H., ONKARAPPA T., KRISHNAPPA K., NARAYANASWAMY H. BASAVARAJA M.K., et RAMASWAMY G.R., 2001.** Management of root knot nematode in tobacco nursery througe, organic amendments .Ann. PL. Protect. Sci, vol.9, pp.92-94.

- **RAVINDRA H., ONKARAPPA T., NARAYANASWAMY H., BASAVARAJA M.K., RAMASWAMY G.R., et LOKAMANYA D.S., 2001.** Integrated management of root knot nematode in FCV tobacco nursery. *Tob.Res*, vol.27, pp.19-23.
- **RAVINDRA H., NARAYAN J., KRISHNAPPA K., NARAYANASWAMY H. et BASAVARAJA M.K., 2003.** Management of root knot nematode through integration of poultry manure and soil solarization in FCV tobacco nursery. *Tobacco research*, vol.29, pp.103-106.
- **RAVINDRA H., ONKARAPPA T., VASUKI N., KRISHNAPPA K., NARAYANASWAMY H. et BASAVARAJA M.K., 2003.** Effect of oil cakes on management of root knot nematode, yield and quality of FCV tobacco. *Indian of nematology*, vol.33, pp.56-59.
- **RAYNAL G., GONDRAN J., BOURNOVILLE R., COURTILLOT M., 1989.** *Ennemie et maladies des prairies*, paris, 249p.
- **REDDY P., 1983.** *Plant nematology*. Ed. Agri. Publ. Acad. India, 287 p.
- **REGNAULT-ROGER C., 2005.** Molécules allélochimiques et extraits végétaux dans la protection des plantes in enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et environnement, Ed. Tec et doc, paris, pp.625-650.
- **REGNAULT-ROGER C., FABRES G., PHILOGENE BJR. , 2005.** Protection des cultures, environnement et développement durable : enjeux pour le XXI^e siècle in Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement, Ed.Laviosier et Tec. et Doc., paris, 1013 p.
- **RICHARD H., 1992.** *Epices and aromate*. Collection science et techniques agroalimentaires. Ed. Lavoisier. France, 339 p.
- **RICHARDSON PN. and GREWAL PS., 1993.** Nematode pesto of glass house crops and mush rooms in plant parasitic nematodes in temperate agriculture. CAB International, London, 648 p.
- **RITTER M., 1971.** Les nématodes et l'agriculture in les nématodes des cultures. Ed. A.C.T.A., Paris, pp. 7-66.
- **RUBERTO G.,BARATTA MT., SARI M. AND KAABECHE M., 2002.** Chemical composition and antioxydant activity of essential oils from Algerian *Origanum glandulosum* Defst .*Flavour Frag. J*17.Pp.251-254.
- **SALDIVAR R.H., SALAS-HERNANDEZ M.A., CORONADO-LEZA A., 2003.** Efecto de la solarizacion de suelos e incorporacion de estiércol caprino en el control de malezas y rendimiento de melon (*Cucumis melo* L.).*Agrochimica*, vol.XLVII, pp.227-235.
- **SCHANENBERG P. et Paris F., 1977.** *Guide de plantes médicinales, analyse description et utilisation de 400 plantes*, Paris, 396 p.
- **SCHANENBERG P., 2006.** *Guide des plantes medicinales*, Paris, Ed.Delachaux et Nestlé, 369 p.
- **SCOTTO LA MASSESE J C., 1962.** Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie. *Ass .Coor .Trrav .Agri. F.N.H.P.C. Versailles*, pp. 83-105.
- **SCOTTO LA MASSESE J C., 1986.** Influence des caractéristiques bio – écologiques des milieux sur la distribution des nématodes telluriques. *Bull. Rech. Agro. Gembloux*, N 21, pp.225 – 272.

- **SELLAMI S., LOUNICI M., EDDOUD A., et BENSEGHIR H. 1999.** Distribution et plantes hôtes associées aux *Meloidogyne* sous abri plastique en Algérie. Nematol. Medit 27, 295-301.
- **SELLAMI S., LOUNICI M., 2000.** Control of root knot nematode by solar heat on tomato. Seven Arab congress of plant production.Oct.22-26.
- **SELLAMI S. et ZEMMOURI H ., 2001.** Effect of *Tagetes erecta* on the mortality, hatching and development of *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood. Acta phytopathologica and Entomologica Hungarica 36 (3-4) 383-387.
- **SELLAMI S., MEZERKET A., 2006.** Nematicidal activity of some plant leaf extracts against *Meloidogyne incognita*. Abstract of 9th Arab Congress of plant protection, Damascus Syrie, 19-23 Nov.
- **SIDDIQUI I. A., SHAUKAT S.S., 2004.** Systemic resistance in tomato induced by biocontrol bacteria against the root knot nematode *M.javanica* is independent of salicylic acid production.J.Phytopathology, vol.152, pp.48-54.
- **SIDDIQUI M A., 2005.** Management of plant parasitic nematode by soil solarization. Plant .disease. India, pp. 238-253.
- **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, vol.146, pp.89-94.
- **SIRHA BABU S.P. AND SUKUL N.C., 1991.** Essential oils as nematicidal proprieties ; Environnement et Ecology, vol.4, pp.118-1120.
- **SOYLU S., YIGITBAS H., SOYLU E.M., KURT S., 2007.** Antifungal effects of essential oils from oregano and fennel on *Sclerotinia sclerotiorum*. Journal of applied microbiology.Vol. 103, pp.1021-1030.
- **STAPLETON J.J., 2000.** Soil solarisation in various agricultural production systems. Crop protection 19:837-841.
- **STARNES R.L., LIU C.L., MARON P.G., 1993.** History use and future of microbial insecticides.Amer.Entomol. Vol.39, pp.83-91.
- **STOLL G., 2002.** Protection naturelle des végétaux en zone tropical. Acta. Ed. Margaf verlag, allemagne, 386 p.
- **TAYLOR A.L., 1968.** Introduction à la recherche sur les nématodes phytoparasites. Man. F.A.O., pour l'étude des nématodes phytoparasites et les moyens de lutte. Rome, 135 p.
- **TAYLOR A.L., SASSER J N., 1978.** Biology, Identification and control of root knot nematodes (*Meloidogyne* species), North Caroline State University graphic, pp.111.
- **TRIERWEILER R. et DELAROZIERE M.F., 1994.** Huiles douces et plantes à parfums, paris, Ed.Edisud., 169p.
- **TUNL L. and SAHINKAYA S., 1998.** Sensitivity of two greenhouses pests to vapors of essential oils. Entomol. Exp. Appl., Vol. 86, n° 2, pp. 183-187.
- **VALNET J., 1980.** Aromatherape, traitement des maladies par les essences des plantes, Ed.Maloine, paris, 443p.
- **VANDAMME V., HOEDEKIE A. et VIAENE N., 2005.** Long term efficacy of *Pochonia chlamydosporia* for management of *Meloidogyne javanica* in glasshouse crops.Nematology.Vol.7, p.727-736.
- **VAN GUNDY S.D., 1985.** Ecology of *Meloidogyne spp.* emphasis on environmental factors affecting survival and pathogenecity, pp 177-182. In J.N. Sasser and C.C. Carter eds. An advanced treatise on *Meloidogyne*. Vol. 1, Biology and control, Raleigh, NCSU Graphics.

- **VERDERJO-LUCASJ.W., SORRIBAS F.T., ORNAT C., GALLANO M., 2003.** Evaluating *Pochonia chlamydosporia* in a double-cropping system of lettuce and tomato in plastic houses infested with *M.icognita*. Plant pathology, vol.52, pp.521-528.
- **VIAN N., COYNE D.L., KERRY B., 2006.** Biological control in Perry R. and Moens M.. Plant nematology, pp: 346-369.
- **VOLAK J., STODOLA J., 1983.** Plantes médicinales, Ed .Grund, Paris, 319 p.
- **WANG K.H., MC SORLEY R. et GALLAHER R.N., 2003.** Effect of *Crotalaria juncea* amendment on nematodes communities in soil with different agriculture histories. Journal of nematology, vol. 35 (3), pp. 294-301.
- **WANG K.H., MCSORLEY R. et KOKALI-BURELLE N., 2006.** Effects of cover cropping, solarization and soil fumigation on nematode communities. Plant soil, vol.286, pp.229-243.
- **WESEMAEL W.M.L.,PERRY R.N. et MOENS M.,2006.**The influence of root diffusate and host age on hatching of the root knot nematodes,*Meloidogyne chitwoodi* and *M.fallax*,Nematology,vol.8,pp.895-902.
- **WHITEHEAD AG., 1998.** Sedentary endoparasits of roots and tubers *Meloidogyne* and *Nacobbus* in plant nematode control. CAB International. London, pp.1 – 12.
- **WUYTS N., SWENNEN R., DEWAELE D., 2006.** Effects of plant phenol propanoïd pathway products and selected terp enoids and alkaloids on the behaviour of the plant parasitic nematodes *Radopholus similis*,*Pratylenchus penetrans* et *Meloidogyne incognita*. Nematology, vol.8, pp.89-101.
- **ZASADA I.A. et FERRIS H., 2004.** Nematode suppression with brassicaceous amendemants: application based upon glucosinolate profiles. Soil biology et biochemistry, vol.36, pp.1017-1024.

ANNEXES

Annexe 1

Tableau. Les nématicides homologués en Algérie (Anonyme, 2007).

Nom commerciale	Matière active	Concentration	formulation	Culture	Dose	Firme
Les fumiguants						
Telone II	Dichloropropéne	1108 g/L	Concentré soluble	Nématodes: -des arbres fruitiers. -horticulture -Pépinière -Vigne.	-170l /ha -500l /ha	-Dow Agro Sciences
DDP Fumiguant	1.3 Dichloropropéne	92 %	Concentré émulsionnable	Nématodes à kyste: -des cultures maraichères. -Tabac. -plantes ornementale.	-170 l/ha	-phytoplus
Dacron	Dazomate	98%	Granulé	Nématode de toute culture	-30à40 g/m ²	-Vapco
Fumical	Metam sodium	510 g/l	Concentré soluble	Nématode de toute culture	-1000l/ha	-Calliope
Les systémiques						
Nimaphos 10g	Ethoprophos	10%	Granulé	Nématodes: -des cultures légumières et des grandes cultures.	-15 à 30kg/ha	-Aci/Rivale
Vydatel	Oxamyl	240 g/l	Suspension concentré	Nématodes : -des agrumes -des bananes	-4 à 8l/ha -7.5 ml/plat	-Dupont de Nemours
Némathorine	Fosthiasate	10%	Granulé	Nématodes: -des cultures légumières -de pomme de terre.	-12 ou 30 kg/ha-Dar 21 j.	-Syngenta
le mocap	Ethoprophos	10%	granulé	Nématodes: - -de tomate; culture légumière et p. de terre.	-30 kg/ha	-Phytoplus

Mocap	Ethoprophos	10%	granulé	Nématodes: -des cultures maraichères sous serre et extra primeur -primeur.	-2*50 kg/ha -30-50g/pied	-Aventis
Nemacure	Phenamiphos	10%	Granulé	Nématodes: -bananiers. -Betteraves sucrières. -carotte, Concombre, p.terre, Tabac et tomate.	-30à 50g/pied -30à 40kg/ha -30kg/ha	-Bayer
Nemacure 240 cs	Phenamiphos	240g/l	Suspension concentré	Nématodes: -cultures sous serre, tomate en plein champ; courgette et melon.	-20à40 l/ha	-Bayer
Vidate 10 g	Oxamyl	100 g/kg	Granulé dispersable	Nématodes: -des ails et oignons. -Agrumes -Bananes.	-30à50kg/ha -20à40kg/ha -50kg/ha	-Dupont de Nemours.
produits biologiques						
Sincocin	Acide gras : A.palmique, A. Oléique, A.	ppm	Liquide	Nématodes: -des cultures maraichères.	1 l/ha	-Agriculture sciences.
Sincocin	Linoléique, A. nucléique : ADN et ARN, vingtaine d'oligoéléments	0.56%+99.4%	Concentré soluble.	Nématodes: -des arbres fruitiers, de palmiers dattier, de vignes.	-2 l/ha	-Agrites/ Zerouki/ Agsci- Dallas.

Annexe 2: Effet des plantes nématicides contre les nématodes.

Famille botanique	Nématode contrôlé	utilisation	Mode d'action	Références
<p>Asteraceae</p> <p>-<i>Tagetes patula</i> (marigold) -<i>Tagetes minuta</i> (tagète des parfumeurs) -<i>Gaillardia grandiflora</i> (gaillarde). -<i>Cosmos sulphureus</i>(cosmos orange). -<i>chrysanthemum morifolium</i>(chrysanthème de chine) . -<i>Inula viscosa</i> (inule visqueuse).</p>	<p>-<i>Pratylenchus penetrans</i>. -<i>Meloidogyne, Helicotylenchus</i>. - <i>Meloidogyne.sp.</i> -<i>Meloidogyne.sp.</i> -<i>Meloidogyne.sp.; Pratylenchus.sp.</i> -<i>Meloidogyne javanica, Tylenchulus semi-penetrans</i>.</p>	<p>-Engrais vert ou -Amendement organique</p>	<p>-Réduction de galles sur tabac à 90%. -Augmentation de production. -inhibition des masses d'œufs. -mort des juvéniles. -Grande réduction des larves L2, due à la présence de l'acide sesquiterpénoïde.</p>	<p>-Pudasaini et al., 2006; Ravindra et al., 2001. -Djian – caporalino et Panchaud - Mattei, 2002. -Oka et al., 2001-</p>
<p>Fabaceae</p> <p>-<i>Pongamia pinnata</i> (pongame). -<i>Crotalaria sp.</i> (les crotalaires). -<i>Acacia gummifera</i> (gommier blanc),<i>Ceratonia siliqua</i> (le caroubier),<i>Ononis natrix</i> (la bugrane).</p>	<p>-<i>Meloidogyne incognita, M.javanica</i> -<i>Meloidogyne sp.</i> -<i>Meloidogyne sp</i></p>	<p>-Amendement organique -Engrais vert ou Rotation ou intercalaire</p>	<p>-les exsudats racinaires toxiques Réduisent la population à 50%. -diminution des galles de racines, augmentation de production. -Réduction des nématodes à 84%, 67%, 71% respectivement.</p>	<p>-Ravindra et al., 2003. -Sellami et Zemouri, 2001; Wang et al., 2003 -El Allagui et al., 2006</p>
<p>Meliaceae</p> <p>-<i>Azadirachta indica</i> (margousier ou neem).</p>	<p>-<i>Meloidogyne sp.</i> -<i>Rotylenchus reniformis</i>.</p>	<p>-Amendement organique</p>	<p>-effet ovicide. -diminution des galles de racines, augmentation de production.</p>	<p>-Ravindra et al., 2001. -Djian-caporalino et al., 2005.</p>
<p>Brassicaceae</p> <p>-<i>Raphanus sativus</i> (le radis). -<i>Eruca sativa</i> (la roquette). -<i>Brassica napus</i> (colza). -<i>Brassica hirta</i> (moutarde blanche), <i>B.juncea</i> (moutarde brune), <i>B.oleracea</i> (chou-fourrager).</p>	<p>-<i>Meloidogyne incognita</i>, champignons et certains pathogènes de cultures. -<i>Meloidogyne javanica, Tylenchulus semi-penetrans</i>.</p>	<p>ou -Engrais vert</p>	<p>-Biofumigation causée par les glucosinate, mort des: juvéniles, femelles, et absence total des œufs, disparition totale des galles. -Réduction de la population à 100%,65%,98%.</p>	<p>-Curto et al., 2005. -Zasada et ferris, 2004. -Matthiessen et Kirkegaard;2006.</p>
<p>capparaceae</p> <p>-<i>Rapistrum rugosum</i> (rapistre rugueux).</p>	<p>-<i>Meloidogyne incognita</i>.</p>	<p>-Engrais vert</p>	<p>-Biofumigation causée par les glucosinate, mort des: juvéniles, femelles, et absence total des œufs, disparition totale des galles.</p>	<p>-Curto et al., 2005.</p>
<p>Zygophylaceae</p> <p><i>Peganum harmala</i> (le harmel)</p>	<p>- <i>Meloidogyne sp</i></p>	<p>-Amendement organique</p>	<p>-diminution des galles de racines. -réduction des nématodes à 95%.</p>	<p>-El Allagui et al., 2006</p>

Annexe 3: caractéristiques des plantes étudiées

La Sauge.

Nom Latin: *Salvia officinalis* L.

Autres noms usuels: Grande Sauge, Sauge commune, Serve, Herbe sacré, Thé de Provence, Thé de Grèce.

Noms arabes: Souaq ennebi, Kheyat ledjrouh, Salma, Naama.

Variété : Sauge officinale

Famille: *Lamiaceae* (labiées).

Origine : Sud de l'Europe, Bassin Méditerranéen



Salvia officinalis L. (original)

C'est une plante pérenne, elle est surtout cultivée et se rencontre parfois à l'état sub-spontané. Sa culture peut rester en place pendant plus de 10 ans, néanmoins on la renouvelle tous les trois à cinq ans.

Historique: *Salvia* vient de *salvus* qui veut dire sauver ou guérir en latin, utilisé depuis la plus haute antiquité, les anciens Egyptiens faisaient boire de la Sauge aux femmes pour les rendre fertile. On lui attribuait même le pouvoir magique de rompre les enchantements.

Identification: sous arbrisseau aromatique à base ligneuse, tige herbacée dressée, feuilles allongées, ovales, lancéolées, finement gaufrées, vert grisâtre, fleurs violettes en épi, les fruits sont des akènes ovales.

Habitat: Elle se rencontre sur les pelouses, les berges, les landes, et les garigues. Introduite ou naturalisée ou sub-spontanée dans certaines régions d'Europe centrale, d'Europe méridionale et pays méditerranéens

Semis des graines: de février-mars en pépinière et en avril en plein champ, récolte juillet-août, Feuillage persistant.

Hauteur: de 50 à 80 cm.

Exposition: c'est une plante des endroits ensoleillés et secs de la région méditerranéenne.

Conseil de semis: la Sauge paraît indifférente quant à la nature du sol, cependant elle préfère les sols légers, calcaires même rocailleux et une exposition chaude, la Sauge peut être propagée par bouturage en mars-avril. Le semis des graines se fait en pleine terre après

que tout danger de gelée soit écarté, faites des poquets de 2 à 3 graines et recouvrez les légèrement de terre. La tailler se fait après la floraison pour obtenir un port compact.

Espacement du semis: la dimension des interlignes varie de 60 à 80 cm sur les rangs, la distance entre les pieds sera de 40 cm; 40cm par 80 cm.

Température minimale du semis conseillée : 18 °C à 20 °C

Fertilisation: les besoins de la sauge sont estimés à : 40 à 50 unité d'azote, 80 à 100 unité d'acide phosphorique, 80 à 100 unité de potasse.

Propriétés: la Sauge officinale est surtout employée à des fins culinaires ou médicinales.

Médicinales: elle est employée en phytothérapie comme antiseptique, antispasmodique, Carminative, emmenagogue, hypoglycémique, antirhumatismale etc....

Culinaires: c'est un condiment très utilisé dans la cuisine. Elle est utilisée comme aromate pour les sauces et les plats à base de volailles et les salades, son comportement en pot comme la plupart des plantes aromatiques est excellent.

Utilisation:

Décoction: faire bouillir 50 g de Sauge dans un litre d'eau et boire 4 tasses de cette décoction au cour de la journée.

Infusion: à la fin des repas boire une tasse d'eau chaude dans laquelle on aura fait infuser pendant quelque minutes une pincée de feuilles de menthe et trois feuilles fraîches de Sauge.

Fumée de Sauge: on confectionne des cigarettes à partir de la poudre pour les fumer lors d'une crise d'asthme.

L'Origan:

Espèce: Origan

Nom Latin: *Origanum glandulosum* Desf.

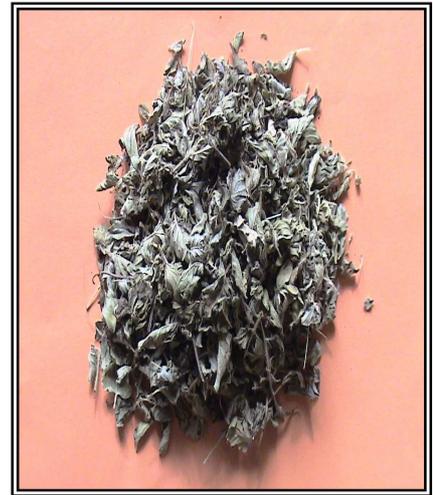
Autres noms usuels: Marjolaine sauvage, Thé rouge

Nom arabe: Zâater.

Variété : Origan glandulosum.

Famille: *Lamiaceae* (labiées).

Origine : Europe, Bassin Méditerranéen



Origanum glandulosum Desf.
(Original)

Elle est cultivée et parfois subsponnée, la culture d'origan reste à la même place plus de huit à dix ans.

Historique: employé depuis l'antiquité par les grecs et connu pour son goût prononcé et ses vertus médicales.

Identification: c'est une plante vivace , aromatique, les tiges toutes dressées atteignent 85 cm velues et souvent rougeâtres à épi dense, les feuilles opposées, ovales pointues toutes pétiolées, les fleurs sont roses parfois blanches réunies en glomérules au sommet des rameaux disposées en panicules, le fruit est un tétrakène.

Habitat : Elle est largement répandue en Méditerranéen, dans la région Euro –Sibérienne , elle se trouve dans le Tell Algéro- Tunisien ; l'espèce la plus commune dans ce genre est *Origanum vulgare* , les espèces les plus répandues en Algérie sont *Origanum glandulosum* , et *O . floribundum*

Semis des graines: semis au mois de mars, la récolte est en Juillet-Octobre.

Hauteur: 85 cm.

Exposition: On la rencontre dans les endroits secs, ensoleillés et pierreux ou encore dans les clairières baignées de lumière.

Conseil de semis: le sol doit être pourvu en matière organique, le semis est effectué en pépinière, sous châssis ou en plein air, le sol doit être aéré notamment le sarclage et le binage, des arrosages sont recommandés par temps sec. Couvrez d'une fine couche de

terreau Le semis, repiquez dès que les plants sont suffisamment développés. Pour un rendement plus élevé, vous pouvez semer en bac à semis, gardez les semis à une température de 15 à 20 °C, maintenez le terreau humide. Repiquez en pot de 8 cm et mettez

en place dès que la plante se sent à l'étroit dans son pot. La taille se fait après la floraison pour obtenir un port compact. Son comportement en pot est excellent.

Espacement du semis: la dimension entre interligne est de 75 cm et entre les pieds est de 35 cm.

Température minimale du semis est de : 18 °C à 20 °C

Fertilisation: les besoins de l'Origan sont estimés à : 120 à 150 unités d'azote, 80 à 100 unité d'acide phosphorique, 100 à 120 unité de potasse.

Propriétés : Elle est utilisée en médecine traditionnelle en cosmétique, en pharmacie, en agro-alimentaire et enfin dans le domaine phytosanitaire.

Médicinales: tonique, antispasmodique, stomachique, carminatif, diaphorétique, béchique et expectorant; il est considéré comme un remède universel.

Culinaires: il est utilisé en cuisine dans plusieurs préparations, il sert à parfumer les viandes hachées les pizzas, poissons, légumes et grillades et le gibier.

Cosmétique: l'huile essentielle est utilisée comme aromatisant et aussi en parfumerie.

Utilisation:

Décoction: faire bouillir pendant 10 minutes dans un litre d'eau 30 g de sommités fleuries d'Origan sucré avec du miel et boire par petits verres au cours de la journée.

Cataplasme: composé de fleurs et feuilles d'Origan cuites, on l'applique sur la partie malade deux fois par jour.

L'Armoise blanche:

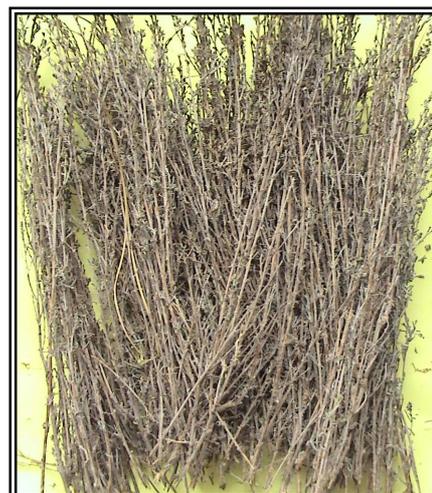
Nom Latin: *Artemisia herba Alba* Asso.

Autres noms usuels : Armoise-herbe blanche, le thym des steppes, absinthe du désert.

Nom arabe: Chih.

Variété : herbe blanche.

Famille: *Asteraceae* (composés).



Artemisia herba Alba Asso
(Original)

Origine: l'Armoise pousse dans les régions tempérées de l'hémisphère nord, sur les friches et dans les haies.

L'Armoise résiste à la sécheresse, supporte le gypse et des niveaux de salinité élevée, quand on frotte les feuilles une odeur un peu épicée très agréable se dégage, sa saveur est amère.

Historique: connue depuis des millénaires, l'armoise a été décrite par l'historien grec Xénophon dès le début du IV siècle avant J.C., le nom Artemisia provient de celui de la déesse grecque de la chasse, Herba-alba signifie herbe blanche.

Identification: c'est une plante herbacée formant des buissons très ramifiés, les feuilles sont étroites, espacées, blanches, laineuses et argentées, les capitules sont petites, étroites ovoïdes, comportant 2 à 5 fleurs jaunâtres, le fruit est un akène oblong.

Habitat: elle est très largement répandue en Afrique du Nord, au Moyen- Orient et en Espagne. En Algérie, elle se trouve principalement dans les hauts plateaux et les zones désertiques, elle recouvre 3 millions d'hectares.

Semis des graines: mars-avril, récolte: juin-juillet.

Hauteur: 50cm à 1.50m

Exposition: mi-ombre à plein soleil.

Conseil de semis: le semis doit être effectué pendant les périodes chaudes à frais, le sol à texture fine assez bien drainé et marno- calcaire et riche en azote, la culture d'Armoise peut être pratiquée facilement en divisant les touffes de pieds prélevés à l'état sauvage au

printemps. Les rendements des sommités fleuries sèches sont alors enregistrés à partir de la deuxième année de végétation. La culture reste à la même place pendant 4 ans.

Espacement du semis: il est de 25 sur 75 cm.

Température minimale du semis est de : 19°C à 21.5°C.

Fertilisation: les besoins de l'armoise sont estimés ainsi: 160 à 180 unités d'azote fractionnée en deux ou trois fois, 100 à 120 unité d'acide phosphorique en un seul apport, 140 à 160 unités de potasse en un seul apport.

Propriétés:

Pâturage: c'est une plante essentiellement fourragère, très appréciée par le bétail comme pâturage d'hiver, elle présente une odeur caractéristique d'huile de thymol et un goût amer d'où son caractère astringent.

Médicinales: antispasmodique, fébrifuge, tonique, vermifuge.

Utilisation:

Infusion: 30 g de feuilles et de fleurs séchées dans un litre d'eau bouillante sucré et en boire un verre le matin à jeun.

Poudre: mélanger 2 cg de poudre de racine sèche avec un peu de sucre, administrer cette préparation toutes les heures en augmentant la dose jusqu'à 10 cg.

Décoction: à raison d'un verre par jour.

Extrait aqueux : poudre, teinture.

Annexe 4: Lexique thérapeutique

Antirhumatismal : contre le rhumatisme.

Antiseptique : qui détruit les microbes et empêche leur développement.

Antispasmodique ou spasmolytique : qui combat les spasmes, convulsions des affections nerveuses.

Béchique : qui combat la toux.

Carminatif : qui fait expulser les gaz d'estomac.

Cholérétique : qui augmente la sécrétion de la bile.

Diaphorétique : qui facilite la transpiration.

Diurétique : qui entraîne une augmentation de la sécrétion urinaire.

Emménagogue : qui provoque ou régularise les règles.

Expectorant : propre à faciliter l'expulsion des mucosités qui obstruent les voies respiratoires.

Fébrifuge : qui combat la fièvre.

Hypoglycémique : qui fait réduire le taux de glycémie dans le sang.

Stomachique : propre à rétablir le fonctionnement de l'estomac.

Tonique : médicament accroissent la vitabilité de l'individu en activant les fonctions.

Vermifuge : propre à détruire les vers intestinaux.

Annexe 5 :

Réactifs et préparations des tests phyto-chimiques préliminaires:

1-Les réactifs:

- l'éthanol
- le méthanol
- le butanol
- l'acétate d'éthyle
- l'éther diéthylique
- le chloroforme
- l'hydroxyde de sodium (NAOH)
- l'acide chlorique (HCL)
- l'acide acétique (HCH₃COO)
- l'ammoniaque (NH₄OH)
- zinc métallique (ZN)
- Magnésium métallique (MG)
- chlorure de fer (FECL₃)
- hydroxyde de potassium (KOH)

2-les préparations:

- Acide chlorhydrique (2N): 10 ml HCL concentré + 60 ml eau distillée.
- Solution de FeCl₃ 5%: 5 g FeCl₃ + 95 ml HCL (2N).
- HCL (2N): 10 ml HCL concentré + 60 ml eau distillée.
- HCL (0.1 N): 1 ml HCL concentré + 10 ml eau distillée.
- NAOH (0.1 N): 0.4 g NaOH + 100 ml eau distillée.
- KOH 10%: 10 g KOH + 80 ml eau distillée.
- HCL 10%: 10 ml HCL + 80 ml eau distillée.
- NAOH 10%: 10 g NaOH + 90 ml eau distillée.
- Ammoniaque (1/2): 50 ml eau distillée + 50 ml NH₄OH concentré.
- Propanol/acide chlorhydrique (1/1): 100 ml Propanol + 100 ml HCL.
- Acide chlorhydrique (1N): 1 ml HCL + 11 ml H₂O.
- Acide sulfurique (2N): 1 ml H₂SO₄ + 18 ml H₂O.
- Réactif de Stiasny: 2 volumes de formol + 1 volume de HCL 1N.
- Dragendorff: dissoudre 0.85g de nitrate de bismuth dans 40 ml d'eau distillée et 10 ml d'acide acétique.

Annexe 6 : Analyse de la variance de l'éclosion de *Meloidogyne incognita*

Modélisation de la variable éclosion sauge 12 jours :

Résumé de la variable dépendante concentration :

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Traitement	7	71280.219	10182.888	49.146	< 0,0001
Résidus	24	4972.750	207.198		
Total	31	76252.969			

Tests de comparaisons multiples pour la variable TRAIT :

Test de Newman-Keuls / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements			
Témoin	206.750	A			
50	181.000		B		
100	163.750		B	C	
200	148.750			C	
400	116.750				D
800	85.750				E
Mocap	82.500				E
Nemacur	71.000				E

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle **Témoin** avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
50 ~ Témoin	-25.750	-2.530	2.814	28.645	Non
100 ~ Témoin	-43.000	-4.225	2.814	28.645	oui
200 ~ Témoin	-58.000	-5.698	2.814	28.645	oui
400 ~ Témoin	-90.000	-8.842	2.814	28.645	oui
800 ~ Témoin	-121.000	-11.888	2.814	28.645	oui
Mocap ~ Témoin	-124.250	-12.207	2.814	28.645	oui
Nemacur ~ Témoin	-135.750	-13.337	2.814	28.645	oui

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle **Nemacur** avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
Témoin ~ Nemacur	135.750	13.337	2.814	28.645	oui
50 ~ Nemacur	110.000	10.807	2.814	28.645	oui
100 ~ Nemacur	92.750	9.112	2.814	28.645	oui
200 ~ Nemacur	77.750	7.639	2.814	28.645	oui
400 ~ Nemacur	45.750	4.495	2.814	28.645	oui
800 ~ Nemacur	14.750	1.449	2.814	28.645	non
Mocap ~ Nemacur	11.500	1.130	2.814	28.645	non

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle **Mocap** avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
Témoin ~ Mocap	124.250	12.207	2.814	28.645	oui
50 ~ Mocap	98.500	9.677	2.814	28.645	oui
100 ~ Mocap	81.250	7.983	2.814	28.645	oui
200 ~ Mocap	66.250	6.509	2.814	28.645	oui
400 ~ Mocap	34.250	3.365	2.814	28.645	oui
800 ~ Mocap	3.250	0.319	2.814	28.645	non
Nemacur ~ Mocap	-11.500	-1.130	2.814	28.645	non

Modélisation de la variable éclosion origan 12 jours :
Résumé de la variable dépendante concentration :

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	7	63542.500	9077.500	97.915	< 0,0001
Résidus	24	2225.000	92.708		
Total	31	65767.500			

Tests de comparaisons multiples pour la variable TRAIT :

Test de Newman-Keuls / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements			
Témoin	198.750	A			
50	145.750		B		
100	132.000		B		
200	99.000			C	
400	83.750			C	
800	59.000				D
Mocap	87.000			C	
Nemacur	61.750				D

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle **Témoin** avec un intervalle de confiance à 95%

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
50 ~ Témoin	-53.000	-7.785	2.814	19.161	oui
100 ~ Témoin	-66.750	-9.804	2.814	19.161	oui
200 ~ Témoin	-99.750	-14.651	2.814	19.161	oui
400 ~ Témoin	-115.000	-16.891	2.814	19.161	oui
800 ~ Témoin	-139.750	-20.526	2.814	19.161	oui
Mocap ~ Témoin	-111.750	-16.414	2.814	19.161	oui
Nemacur ~ Témoin	-137.000	-20.122	2.814	19.161	oui

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle **Nemacur** avec un intervalle de confiance 95%

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
Témoin ~ Nemacur	137.000	20.122	2.814	19.161	Oui
50 ~ Nemacur	84.000	12.338	2.814	19.161	Oui
100 ~ Nemacur	70.250	10.318	2.814	19.161	Oui
200 ~ Nemacur	37.250	5.471	2.814	19.161	Oui
400 ~ Nemacur	22.000	3.231	2.814	19.161	Oui
800 ~ Nemacur	-2.750	-0.404	2.814	19.161	Non
Mocap ~ Nemacur	25.250	3.709	2.814	19.161	Oui

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle **Mocap** avec un intervalle de confiance à 95%

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
Témoin ~ Mocap	111.750	16.414	2.814	19.161	Oui
50 ~ Mocap	58.750	8.629	2.814	19.161	Oui
100 ~ Mocap	45.000	6.609	2.814	19.161	Oui
200 ~ Mocap	12.000	1.763	2.814	19.161	Non
400 ~ Mocap	-3.250	-0.477	2.814	19.161	Non
800 ~ Mocap	-28.000	-4.113	2.814	19.161	Oui
Nemacur ~ Mocap	-25.250	-3.709	2.814	19.161	Oui

Modélisation de la variable éclosion armoise 12 jours :
Résumé de la variable dépendante concentration :

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Modèle	7	66858.875	9551.268	55.625	< 0,0001
Résidus	24	4121.000	171.708		
Total	31	70979.875			

Tests de comparaisons multiples pour la variable TRAIT :

Modalités	Moyenne	Regroupements			
Témoin	202.250	A			
50	165.500		B		
100	162.250		B		
200	124.500			C	
400	88.000				D
800	75.250				D
Mocap	89.000				D
Nemacur	73.750				D

Test de Newman-Keuls / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle **Témoin** avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
50 ~ Témoin	-36.750	-3.966	2.814	26.077	Oui
100 ~ Témoin	-40.000	-4.317	2.814	26.077	Oui
200 ~ Témoin	-77.750	-8.391	2.814	26.077	Oui
400 ~ Témoin	-114.250	-12.330	2.814	26.077	Oui
800 ~ Témoin	-127.000	-13.706	2.814	26.077	Oui
Mocap ~ Témoin	-113.250	-12.222	2.814	26.077	Oui
Nemacur ~ Témoin	-128.500	-13.868	2.814	26.077	oui

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle **Nemacur** avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
Témoin ~ Nemacur	128.500	13.868	2.814	26.077	Oui
50 ~ Nemacur	91.750	9.902	2.814	26.077	Oui
100 ~ Nemacur	88.500	9.551	2.814	26.077	Oui
200 ~ Nemacur	50.750	5.477	2.814	26.077	Oui
400 ~ Nemacur	14.250	1.538	2.814	26.077	Non
800 ~ Nemacur	1.500	0.162	2.814	26.077	Non
Mocap ~ Nemacur	15.250	1.646	2.814	26.077	non

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle **Mocap** avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
Témoin ~ Mocap	113.250	12.222	2.814	26.077	Oui
50 ~ Mocap	76.500	8.256	2.814	26.077	Oui
100 ~ Mocap	73.250	7.905	2.814	26.077	Oui
200 ~ Mocap	35.500	3.831	2.814	26.077	Oui
400 ~ Mocap	-1.000	-0.108	2.814	26.077	Non
800 ~ Mocap	-13.750	-1.484	2.814	26.077	Non
Nemacur ~ Mocap	-15.250	-1.646	2.814	26.077	Non

Annexe 7 : Analyse de la variance de l'éclosion de *Meloidogyne incognita*

Modélisation de la variable traitement 50 :

Test de comparaisons multiples pour la variable variété:

Test de Newman-Keuls /Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95%.

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Sauge	181.000	A		
Armoise	165.500		B	
Origan	145.750			C

Modélisation de la variable traitement 100 :

Test de comparaisons multiples pour la variable variété:

Test de Newman-Keuls /Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95%.

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Sauge	163.750	A		
Armoise	162.250	A		
Origan	132.000	A		

Modélisation de la variable traitement 200 :

Test de comparaisons multiples pour la variable variété:

Test de Newman-Keuls /Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95%.

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Sauge	148.750	A		
Armoise	124.500		B	
Origan	99.000			C

Modélisation de la variable traitement 400:

Test de comparaisons multiples pour la variable variété:

Test de Newman-Keuls /Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95%.

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements		
Sauge	116.750	A		
Armoise	88.000		B	
Origan	83.750		B	

Modélisation de la variable traitement 800 :

Test de comparaisons multiples pour la variable variété:

Test de Newman-Keuls /Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95%.

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements	
Sauge	85.750	A	
Armoise	75.250	A	
Origan	59.000		B

Annexe 8 :

III. Analyse de la variance de paramètres testés sur le développement de *Meloidogyne incognita*:

1-Modélisation de la variable Nématode dans le sol NEMS :

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Traitement	6	1.707	0.285	100.751	< 0,0001
Résidus	28	0.079	0.003		
Total	34	1.786			

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Tests de comparaisons multiples pour la variable TRAIT :

Test de Newman-Keuls / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Moyenne	Regroupements				
NEMACUR	2.007	A				
AVP800	2.035	A				
AVP400	2.194		B			
APP800	2.275			C		
APP400	2.323			C		
MOCAP	2.443				D	
TEMOIN	2.693					E

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle TEMOIN avec un intervalle de confiance à 95%

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
NEMACUR ~ TEMOIN	-0.687	-20.434	2.731	0.092	Oui
AVP800 ~ TEMOIN	-0.658	-19.580	2.731	0.092	Oui
AVP400 ~ TEMOIN	-0.500	-14.862	2.731	0.092	Oui
APP800 ~ TEMOIN	-0.419	-12.462	2.731	0.092	Oui
APP400 ~ TEMOIN	-0.370	-11.016	2.731	0.092	Oui
MOCAP ~ TEMOIN	-0.250	-7.445	2.731	0.092	Oui

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle Nemacur avec un intervalle de confiance à 95%

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
AVP800 ~ NEMACUR	0.029	0.854	2.731	0.092	Non
AVP400 ~ NEMACUR	0.187	5.572	2.731	0.092	Oui
APP800 ~ NEMACUR	0.268	7.972	2.731	0.092	Oui
APP400 ~ NEMACUR	0.317	9.418	2.731	0.092	Oui
MOCAP ~ NEMACUR	0.437	12.989	2.731	0.092	Oui
TEMOIN ~ NEMACUR	0.687	20.434	2.731	0.092	Oui

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle Mocap avec un intervalle de confiance à 95%

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
NEMACUR ~ MOCAP	-0.437	-12.989	2.731	0.092	Oui
AVP800 ~ MOCAP	-0.408	-12.135	2.731	0.092	Oui
AVP400 ~ MOCAP	-0.249	-7.418	2.731	0.092	Oui
APP800 ~ MOCAP	-0.169	-5.017	2.731	0.092	Oui
APP400 ~ MOCAP	-0.120	-3.572	2.731	0.092	Oui
TEMOIN ~ MOCAP	0.250	7.445	2.731	0.092	Oui

2-Modélisation de la variable Nématode dans les racines NEMR :

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Traitement	6	1.775	0.296	178.957	< 0,0001
Résidus	28	0.046	0.002		
Total	34	1.822			

Tests de comparaisons multiples pour la variable TRAIT :

Test de Newman-Keuls / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements				
AVP800	2.755	A				
NEMACUR	2.832		B			
AVP400	2.863		B			
APP800	2.948			C		
APP400	3.158				D	
MOCAP	3.173				D	
TEMOIN	3.442					E

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle TEMOIN avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
AVP800 ~ TEMOIN	-0.687	-26.707	2.731	0.070	Oui
NEMACUR ~ TEMOIN	-0.609	-23.686	2.731	0.070	Oui
AVP400 ~ TEMOIN	-0.578	-22.490	2.731	0.070	Oui
APP800 ~ TEMOIN	-0.493	-19.185	2.731	0.070	Oui
APP400 ~ TEMOIN	-0.284	-11.042	2.731	0.070	Oui
MOCAP ~ TEMOIN	-0.269	-10.463	2.731	0.070	Oui

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle Nemacur avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
AVP800 ~ NEMACUR	-0.078	-3.021	2.731	0.070	Oui
AVP400 ~ NEMACUR	0.031	1.196	2.731	0.070	Non
APP800 ~ NEMACUR	0.116	4.501	2.731	0.070	Oui
APP400 ~ NEMACUR	0.325	12.644	2.731	0.070	Oui
MOCAP ~ NEMACUR	0.340	13.223	2.731	0.070	Oui
TEMOIN ~ NEMACUR	0.609	23.686	2.731	0.070	Oui

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle Mocap avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
AVP800 ~ MOCAP	-0.418	-16.244	2.731	0.070	Oui
NEMACUR ~ MOCAP	-0.340	-13.223	2.731	0.070	Oui
AVP400 ~ MOCAP	-0.309	-12.027	2.731	0.070	Oui
APP800 ~ MOCAP	-0.224	-8.722	2.731	0.070	Oui
APP400 ~ MOCAP	-0.015	-0.579	2.731	0.070	Non
TEMOIN ~ MOCAP	0.269	10.463	2.731	0.070	Oui

3-Modélisation de la variable poids des racines PRAC :

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Traitement	6	63.542	10.590	7.413	< 0,0001
Résidus	28	40.000	1.429		
Total	34	103.543			

Tests de comparaisons multiples pour la variable TRAIT :

Test de Newman-Keuls / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements	
TEMOIN	20.200		B
APP400	20.400		B
APP800	20.400		B
AVP400	20.600		B
MOCAP	22.400	A	B
AVP800	22.800	A	
NEMACUR	23.800	A	

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle TEMOIN avec un intervalle de confiance à 95 %

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
APP400 ~ TEMOIN	0.200	0.265	2.731	2.065	Non
APP800 ~ TEMOIN	0.200	0.265	2.731	2.065	Non
AVP400 ~ TEMOIN	0.400	0.529	2.731	2.065	Non
MOCAP ~ TEMOIN	2.200	2.910	2.731	2.065	Oui
AVP800 ~ TEMOIN	2.600	3.439	2.731	2.065	Oui
NEMACUR ~ TEMOIN	3.600	4.762	2.731	2.065	Oui

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle Nemacur avec un intervalle de confiance à 95 %:

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
TEMOIN ~ NEMACUR	-3.600	-4.762	2.731	2.065	Oui
APP400 ~ NEMACUR	-3.400	-4.498	2.731	2.065	Oui
APP800 ~ NEMACUR	-3.400	-4.498	2.731	2.065	Oui
AVP400 ~ NEMACUR	-3.200	-4.233	2.731	2.065	Oui
MOCAP ~ NEMACUR	-1.400	-1.852	2.731	2.065	Non
AVP800 ~ NEMACUR	-1.000	-1.323	2.731	2.065	Non

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle Mocap avec un intervalle de confiance à 95 %:

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
TEMOIN ~ MOCAP	-2.200	-2.910	2.731	2.065	Oui
APP400 ~ MOCAP	-2.000	-2.646	2.731	2.065	Non
APP800 ~ MOCAP	-2.000	-2.646	2.731	2.065	Non
AVP400 ~ MOCAP	-1.800	-2.381	2.731	2.065	Non
AVP800 ~ MOCAP	0.400	0.529	2.731	2.065	Non
NEMACUR ~ MOCAP	1.400	1.852	2.731	2.065	Non

4-Modélisation de la variable croissance CROIS :

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Traitement	6	350.300	58.383	272.456	< 0,0001
Résidus	28	6.000	0.214		
Total	34	356.300			

Tests de comparaisons multiples pour la variable TRAIT :

Test de Newman-Keuls / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements			
TEMOIN	32.800				E
APP400	33.000				E
APP800	33.800			D	
AVP400	34.300			D	
AVP800	35.200		C		
MOCAP	36.800	B			
NEMACUR	42.600	A			

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle TEMOIN avec un intervalle de confiance à 95 %:

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
APP400 ~ TEMOIN	0.200	0.683	2.731	0.800	Non
APP800 ~ TEMOIN	1.000	3.416	2.731	0.800	Oui
AVP400 ~ TEMOIN	1.500	5.123	2.731	0.800	Oui
AVP800 ~ TEMOIN	2.400	8.198	2.731	0.800	Oui
MOCAP ~ TEMOIN	4.000	13.663	2.731	0.800	Oui
NEMACUR ~ TEMOIN	9.800	33.473	2.731	0.800	Oui

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle Nemacur avec un intervalle de confiance à 95 %:

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
TEMOIN ~ NEMACUR	-9.800	-33.473	2.731	0.800	Oui
APP400 ~ NEMACUR	-9.600	-32.790	2.731	0.800	Oui
APP800 ~ NEMACUR	-8.800	-30.058	2.731	0.800	Oui
AVP400 ~ NEMACUR	-8.300	-28.350	2.731	0.800	Oui
AVP800 ~ NEMACUR	-7.400	-25.276	2.731	0.800	Oui
MOCAP ~ NEMACUR	-5.800	-19.811	2.731	0.800	Oui

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle Mocap avec un intervalle de confiance à 95 %:

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
TEMOIN ~ MOCAP	-4.000	-13.663	2.731	0.800	Oui
APP400 ~ MOCAP	-3.800	-12.979	2.731	0.800	Oui
APP800 ~ MOCAP	-3.000	-10.247	2.731	0.800	Oui
AVP400 ~ MOCAP	-2.500	-8.539	2.731	0.800	Oui
AVP800 ~ MOCAP	-1.600	-5.465	2.731	0.800	Oui
NEMACUR ~ MOCAP	5.800	19.811	2.731	0.800	Oui

5-Modélisation de la variable indice de galle IG :

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F de Fisher	Pr > F
Traitement	6	15.543	2.590	12.089	< 0,0001
Résidus	28	6.000	0.214		
Total	34	21.543			

Tests de comparaisons multiples pour la variable TRAIT :

Test de Newman-Keuls / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements		
AVP800	1.400			C
NEMACUR	1.600			C
AVP400	1.800			C
APP800	2.400		B	
MOCAP	2.800	A	B	
APP400	3.000	A	B	
TEMOIN	3.200	A		

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle TEMOIN avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
AVP800 ~ TEMOIN	-1.800	-6.148	2.731	0.800	oui
NEMACUR ~ TEMOIN	-1.600	-5.465	2.731	0.800	oui
AVP400 ~ TEMOIN	-1.400	-4.782	2.731	0.800	oui
APP800 ~ TEMOIN	-0.800	-2.733	2.731	0.800	oui
MOCAP ~ TEMOIN	-0.400	-1.366	2.731	0.800	non
APP400 ~ TEMOIN	-0.200	-0.683	2.731	0.800	non

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle Nemacur avec un intervalle de confiance à 95%

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
AVP800 ~ NEMACUR	-0.200	-0.683	2.731	0.800	non
AVP400 ~ NEMACUR	0.200	0.683	2.731	0.800	non
APP800 ~ NEMACUR	0.800	2.733	2.731	0.800	Oui
MOCAP ~ NEMACUR	1.200	4.099	2.731	0.800	Oui
APP400 ~ NEMACUR	1.400	4.782	2.731	0.800	Oui
TEMOIN ~ NEMACUR	1.600	5.465	2.731	0.800	oui

Test de Dunnett / Comparaison des groupes avec le groupe de contrôle Mocap avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique d	Différence critique	Significatif
AVP800 ~ MOCAP	-1.400	-4.782	2.731	0.800	Oui
NEMACUR ~ MOCAP	-1.200	-4.099	2.731	0.800	Oui
AVP400 ~ MOCAP	-1.000	-3.416	2.731	0.800	Oui
APP800 ~ MOCAP	-0.400	-1.366	2.731	0.800	Non
APP400 ~ MOCAP	0.200	0.683	2.731	0.800	Non
TEMOIN ~ MOCAP	0.400	1.366	2.731	0.800	non

RESUMES

Thème : Evaluation de l'efficacité des huiles essentielles de quelques plantes contre *Meloidogyne incognita*, (Kofoid and White) Chitwood 1949 (*Nematoda: Meloidogynidae*).

Résumé : Ce présent travail a porté sur l'effet des huiles essentielles de trois plantes : *Origanum glandulosum*, *Salvia officinalis* (*Lamiaceae*) et *Artemisia herba alba* (*Asteraceae*) à l'égard du nématode des racines noueuses *Meloidogyne incognita*.

In vitro, les résultats ont montré que les huiles essentielles réagissent différemment contre ce nématode, le pourcentage de mortalité des larves dépend du temps d'exposition et de la concentration ; il atteint 100% pour *Origanum glandulosum* et *Artemisia herba alba*. De même, les résultats obtenus ont révélé que les huiles testées provoquent une inhibition de l'éclosion.

In vivo, l'application de l'huile essentielle de *Origanum glandulosom* est plus efficace avant qu'après plantation sur le développement des nématodes sur tomate. Enfin, cette étude a été par la mise en évidence des métabolites secondaires (screening chimique) présents dans les feuilles des plantes étudiées.

Mots clés : huile essentielle, mortalité des larves, éclosion, développement, *Meloidogyne incognita*, *Origanum glandulosum*, *Salvia officinalis*, *Artemisia herba alba*, screening chimique.

Title: Evaluation the effectiveness of essential oils of some plants against *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood 1949 (*Nematoda: Meloidogynidae*).

Abstract: This present work concerned: the effects of some essential oils of three plants: *Origanum glandulosum*, *Salvia officinalis* (*Lamiaceae*) and *Artemisia herba alba* (*Asteraceae*) against the root knot nematode *Meloidogyne incognita*.

In vitro, the results show that the essential oils react differently against this nematode, the percentage of mortality of juveniles increases with exposing period and concentration; it reach about 100% for *Origanum glandulosum* and *Artemisia herba alba*. Also, the results show that essential oils of tested plants caused inhibition in egg hatching.

In vivo, the application of the essential oils of *Origanum glandulosum* reveal the most effective before than after plantation on the nematode development on tomato. Finally, this study was by obviousness taken of secondary metabolites (chemical screening) presents in the leaves of the studies plants.

Key words: essential oil, mortality of juveniles, hatching of juveniles, development, *Meloidogyne incognita*, *Origanum glandulosum*, *Salvia officinalis*, *Artemisia herba alba*, chemical screening.

العنوان: تقدير فعالية الزيوت الأساسية لبعض النباتات على *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood 1949 (*Nematoda: Meloidogynidae*)

ملخص:

دراستنا التجريبية تمثلت في معرفة تأثير بعض الزيوت الأساسية لثلاثة نباتات *Salvia officinalis*; *Origanum glandulosum*, و *Artemisia herba alba* بالنسبة إلى الخيطيات المسببة لتضخم الجذور *Meloidogyne incognita*. في المخبر، النتائج أظهرت أن هذه الزيوت تؤثر بصفة مختلفة على هذا النوع، نسبة وفيات اليرقات ترتفع بدلالة زمن العرض و التركيز وصل إلى 100% بالنسبة إلى *Origanum glandulosum* و *Artemisia herba alba* وكذا النتائج أظهرت أن الزيوت الأساسية النباتية المجربة تؤدي إلى انخفاض في تقفيس البويضات. التجربة على الواقع أثبتت أن الزيت الأساسي ل *Origanum glandulosum* يعتبر أكثر فعالية قبل الغرس عن بعده على نمو خيطيات الطماطم. أخيرا هذه الدراسة اخذت بعين الاعتبار العناصر الثانوية (التحليل الكيميائي) المتواجدة في أوراق النباتات المدروسة.

كلمات المفتاح: الزيت الأساسي، وفيات اليرقات، تقفيس البويضات، النمو *Meloidogyne incognita*, *Origanum glandulosum*, *Salvia officinalis*, *Artemisia herba alba*, التحليل الكيميائي.