

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA
FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUE

Thème

**Etude de la toxicité de l'Armoise blanche « *Artemisia herba alba* »
sur les larves de *Meloidogyne spp* in Vitro.
(*Meloidogynae-Nematoda*).**

**Projet de Fin d'Etude en vue de l'obtention du diplôme Master II
en sciences de la nature et de la vie**

Spécialité : Phytopharmacie Appliqué

PRESENTE PAR : Melle KHIER NAWEL

Devant le jury composé de :

Mme. MARNICHE F.	MCB	USDB	Président de jury
Mme. BELKAHLA H.	Professeur	USDB	Promotrice
Mme. NEBIH D.	MAA	USDB	Co. Promotrice
Mr. MAHDJOUBI D.	MAA	08 MAI 1945	Examineur
Mme. OUANIGHI H.	MAA	USDB	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2011/2012

Evaluation des toxicités de trois différentes parties d'espèce d'Armoise

« *Artemisia herba alba* » sur les
Meloidogyne spp. (Nematoda-Meloidogynidae)

In Vitro.

Résumé

A l'échelle mondiale, les problèmes phytosanitaires posés par les nématodes phytophages ont une incidence économique très importante d'autant plus qu'ils s'attaquent à toute les cultures sous des latitudes et des climats très diverses en provoquant des baisses de production d'où l'importance de mettre au point des méthodes de lutte efficaces et biologiques car les techniques modernes dont on dispose actuellement s'avèrent tout à fait insuffisantes.

Notre travail de recherche vise à évaluer l'effet des extraits aqueux de trois différentes parties de la plante médicinale aromatique « *A. herba alba* » (partie aérienne, racinaire et le mélange) dans le contrôle des *Meloidogyne* in vivo.

Les résultats ont montré d'une part une activité nématocides in vivo des trois parties de l'armoïse. Toutefois la toxicité vis-à-vis des *Meloidogyne spp.* Varie en fonction de la partie de l'espèce d'*Artemisia*, des concentrations et du temps d'immersion.

Mots clés : *Meloidogyne spp*, *A. herba alba*, activité nématocide,

**Evaluation of toxicity of three diferentes particulars spice
« *Artemisia.herba alba* » on the evolution about the
populations of *Meloidogyne spp*(Nematoda-Meloidogynidae).
In vitro.**

Summary

With the world scale, the plant health problems posed by the phytophagous nematodes have a very significant economic incidence more especiaiiy as it attack all the cultures under latitudes and climates very divers by causing falls of production from where it's importante to develop effective biologicals of fight and because the modern techniques currently available prove completely insufficient.

Our research work aims at evaluating the effect of the extracted aquoeus of three diferentes particulars of the medicinal aromatic plant « *A.herba alba* » at overhead the behavior of the larves(L₂) of *Meloidogyne* in vitro,

The results have makes it possible to test the effect of the various amounts used of the *Artemisia* on the parameters fruitfulness of *Meloidogyne spp*.

Key words : *Meloidogyne spp*, *A. herba alba*, Activity nématicide.

دراسة تأثير ثلاثة أقسام من نبتة الشيح (*A. herba alba*) على تطور الميلودوجينات spp Meloidogyne

المخلص

تسبب الديدان الخيطية آكلات النباتات خسائر اقتصادية فادحة على الصعيد العالمي و يرجع ذلك إلى تواجدها في مختلف الارتفاعات و المناحات أين تخلف أضرار على عدة محاصيل مما يؤدي إلى خفض الإنتاج الزراعي و هذا ما استوجب اللجوء إلى طرق بيولوجية فعالة بسبب الوسائل العلاجية العصرية الأخرى التي تبقى غير كافية. يهدف هذا العمل الباحث إلى دراسة تقييميه لتأثير المستخلص المائي لثلاثة أقسام للنبتة الطبية العطرية " الشيح" (*alba* *A. herba*) على تطور الميلودوجينات سمحت النتائج بإبراز تأثير الشيح المستعمل حسب القسم المستعمل.الكمية المستعملة و كذا حسب الوقت الزمني.

كلمات المفتاح: الميلودوجينات . المستخلص المائي. *A. herba alba*

INTRODUCTION GENERALE :

Le maraîchage apparaît comme l'un des secteurs les plus prometteurs de l'agriculture en Afrique. En effet ces pays essayent d'augmenter leur production pour améliorer l'alimentation des populations croissantes et diminuer les importations de légumes (Netscher, 1965).

Les cultures maraîchères sont sujettes aux attaques d'une nématofaune diversifiée mais, les nématodes à galles *Meloïdogyne* sont probablement les plus graves ennemis des maraîchers sous toutes les latitudes (de Guiran et Netscher, 1970). Il constitue le fléau universel des cultures maraîchères des pays chauds et représentant un facteur primordial limitant les cultures intensives (Netscher, 1965), notamment sous serres où les attaques sont aggravées par les conditions climatiques et édaphiques favorables (de Guiran et Netscher, 1970).

En Algérie le maraîchage occupe la seconde place après les céréales dans la consommation quotidienne. Les cultures de pomme de terre et la tomate sont considérées comme aliment de base. Les superficies consacrées à ces cultures évoluent progressivement, mais l'explosion démographique a fait que ces surfaces s'avèrent insuffisantes, pour cela, la politique algérienne a opté pour l'intensification des cultures légumières, en introduisant la plasticulture.

Les superficies occupées par les cultures maraîchères sont passées de 3455.58 ha en 2004 à 3630.30 ha en 2005 pour les cultures en plein champ. Alors que pour ceux sous serres, elles sont passées de 6862.87ha en 2004 à 6736.67ha en 2005, pour ces dernières années elles sont passées de 3635.49ha en 2008 à 3935.94ha en 2009 pour les cultures en plein champ, et pour ceux sous serres, elles sont passées de 7765.19ha en 2008 à 7794.72ha en 2009. (Anonyme 2008-2009).

Le mode de culture sous serre offre un microclimat qui réuni d'une part, les conditions optimale pour accroître la production et augmenter le rendement mais d'autre part, il favorise la pullulation des parasites, dont le nématode du genre *Meloïdogyne* très connu par son agressivité et les pertes considérables dans le monde comme dans les pays méditerranéens. En Algérie, ces ravageurs se distinguent comme étant de redoutables ennemis et constitue un facteur limitant de production. Ils sont capables de se développer aux dépens d'un grand nombre de plantes, Sellami et *al.* (1999) ont dénombré 54 plantes dont 30 sont des plantes spontanées. Parmi les plantes cultivées diverses familles peuvent être infestées tels que les Cucurbitacées, les Solanacées, les Légumineuses (Nebih Hadj-Sadok, 2000, Sellami et *al.*, 1999 et Mokabli, 1988), les Crucifères, les Composées, les Ombellifères, les Chénopodiacées (Sellami et *al.*, 1999).

L'étude de Bezaz (2006), Hadri (2006) et Hedibel (2008) signalent le genre *Meloïdogyne* en abondance dans les sols maraîchers du littoral ainsi que ceux du sud (Belahammou, 2010). Pour faire face à ce problème, il est nécessaire de mettre en évidence des méthodes de lutte efficaces pouvant réduire les populations de *Meloïdogyne* à un seuil tolérable. Dans notre pays, la lutte chimique est toujours la plus utilisée, mais elle n'est pas en mesure de résoudre le problème de ces ravageurs. De ce fait la mise au point de stratégies de lutte biologique contre les nématodes associés aux cultures maraîchères s'avère indispensable.

Actuellement, les travaux de recherche s'orientent vers la découverte de nouvelles molécules nématicides moins polluant d'origine naturelle. Parmi ces moyens les plantes constituent une voie d'avenir très intéressante. Elles peuvent être utilisées comme engrais vert mettant à profit les substances nématicides ou/et nématostatiques qu'elles contiennent (Djian-Caporalino, 1991 ; Van Beek et al, 1993).

L'objectif de notre étude est d'évaluer les potentialités nématicides in vitro de la partie aérienne, la partie sous terraine (racine) et le mélange de l'espèce d'armoise « *A. herba alba* ». Dans la régulation du nématode à galles *Meloïdogyne spp* Les essais expérimentaux sont effectués dans des conditions contrôlées de laboratoire.

Pour atteindre les objectifs visés, nous avons adopté une méthodologie de recherche visant :

➤ Une analyse bibliographique en trois chapitres

- Chapitre I : traite la bio- écologie, importance économique et nuisance des *Meloïdogyne*.
- Chapitre II : résume les moyens de lutte utilisés contre le genre *Meloïdogyne*.
- Chapitre III : arbore une synthèse bibliographique sur l'espèce de la plante testée « *Artemisia herba alba* ».

➤ Une partie expérimentale portant deux chapitres

- Chapitre I : présente la méthodologie de travail utilisée.
- Chapitre II : se présentes-en trois sous chapitres ;
 - II / 1, Evaluation des potentialités nématicides de la partie aérienne d'espèce d'Armoise sur les *Meloïdogyne spp*. In vitro.
 - II / 2, Evaluation des potentialités nématicides du mélange des deux parties d'espèce d'Armoise sur les *Meloïdogyne spp*. In vitro.
 - II / 3, Evaluation des potentialités nématicides de la partie sous terraine (racine) d'espèce d'Armoise sur les *Meloïdogyne spp*. In vitro.

Chapitre I : Généralités sur les *Meloidogyne spp.*

Introduction

Les nématodes du genre *Meloidogyne* (*Nematoda*, *Meloidogynidae*) sont des endoparasites sédentaires qui se développent à l'intérieur des racines de la plante hôte. Leur développement sur ces dernières engendre la formation de galles. En Algérie, ces nématodes sont connus depuis longtemps, leur présence a été signalée pour la première fois par Scotto Lamassese en 1961 et enfin, par Lamberti et *al.* (1977). Les agriculteurs algériens connaissent bien ce type de nématodes à cause des déformations provoquées sur le système racinaire. Ils les désignent sous le nom de « maladie de la patate ».

Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* sont fondamentalement des animaux aquatiques. La forme libre représentée par les larves du second stade (L₂) vit dans le film d'eau entre l'espace des particules de sol (les pores du sol) en attendant d'infester les racines des plantes hôtes. Ce genre de nématodes est polyphage, car il s'attaque aussi bien aux grandes cultures qu'aux cultures maraîchères, florales et fruitières (Bezaz, 2006). L'impact économique mondial de ce type de nématode est évalué à 60% au niveau des récoltes (Sasser, 1989).

Les *Meloidogyne* sont largement distribués dans toutes les régions tropicales et subtropicales du monde (Coomans, 2000). Ils s'attaquent à toutes les cultures, les plus sensibles sont les Solanées (tomate, poivron, aubergine), les Cucurbitacées (melon, concombre), les Légumineuses (Haricot vert). Ces nématodes causent des dégâts sous un climat tempéré, mais ils sont vraisemblablement plus destructeurs sous un climat chaud (tropicales et subtropicale) (de Guiran, 1983 ; de Guiran et Netscher, 1970).

La plupart des nématodes ne causent pas de grandes pertes économiques, mais quelques espèces sont d'importants ravageurs qui entraînent parfois la destruction totale de la culture. Il s'agit des espèces de nématodes des racines noueuses tels que *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* et *M. hapla* (Hoceini, 2007). *Meloidogyne hapla* est une espèce inféodée aux zones tempérées (Whitehead, 1968). Elle peut supporter des climats plus froids et se multiplie sur les cultures de plein champ au nord de l'Europe (De Guiran, 1983). Sur le continent Africain, cette espèce n'a été trouvée qu'en Afrique du sud et en Afrique de l'Est à des altitudes au-dessus de 2000 mètres (Whitehead, 1968).

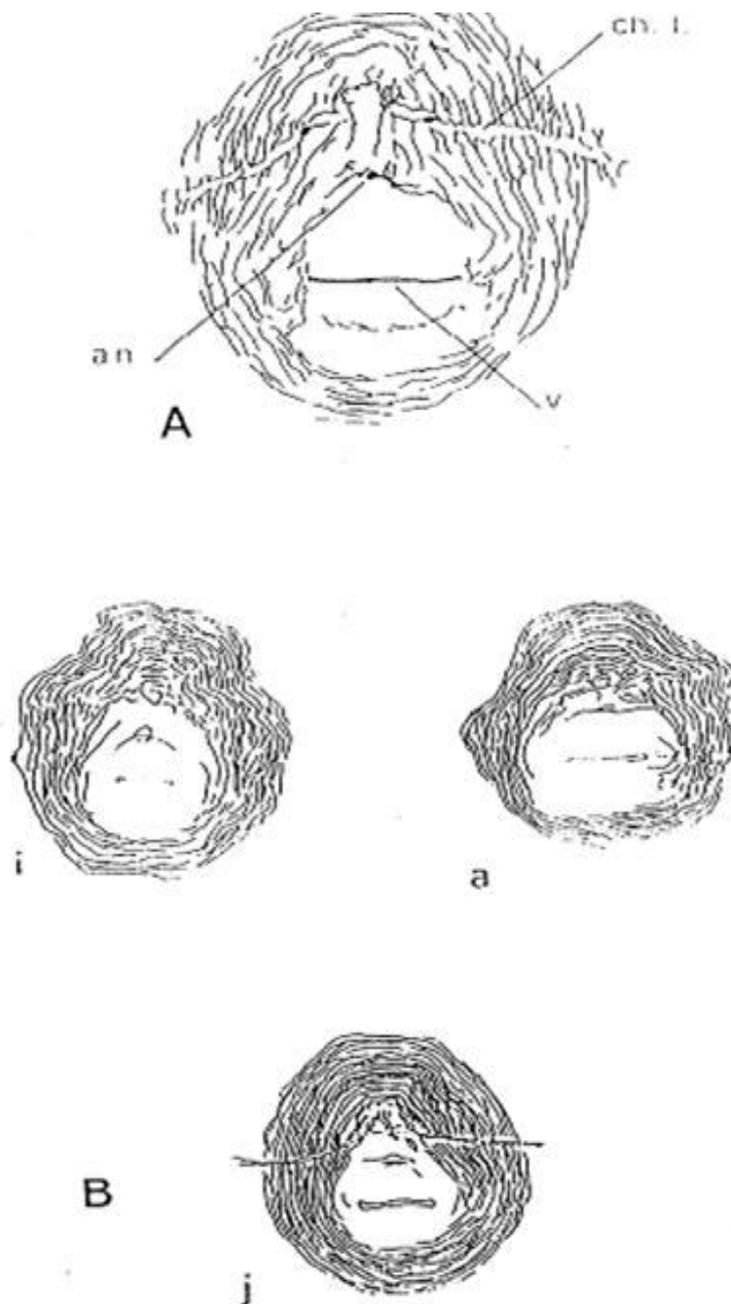
Lamberti (1979), affirme que la répartition des trois espèces de *Meloidogyne* sur cultures maraîchères dans la région méditerranéenne montre la dominance de *M. incognita*, *M. javanica* qui occupe la deuxième position, suivie par *M. arenaria*.

En Algérie, de nombreux travaux ont signalé la présence des nématodes à galles sur diverses cultures (Scotto lamassese, 1961 ; Allili, 1986). La caractérisation morpho-anatomique des espèces des *Meloidogyne* ont permis de mettre en évidence la présence des trois principales espèces à savoir : *M. incognita*, *M. javanica*, *M.* et *arenaria* ; avec une dominance de *M. javanica* dans les zones sahariennes et *M. incognita* dans les zones du littorales (Sellami et al. 1999 ; Nebih Hadj – Sadok, 2008).

I.1. Position systématique

Tous les nématodes qui provoquent des galles sur les racines étaient autrefois considérés comme appartenant à une seule espèce connue *Heterodera marioni* (De Guiran et Netscher, 1970). En 1949, Chitwood a défini le genre *Meloidogyne* et l'a différencié du genre *Heterodera*. Il décrit cinq espèces de *Meloidogyne* dont quatre restent encore aujourd'hui les principaux ravageurs des cultures maraîchères (Messiaen, 1974).

Selon Bertrand et al. (2001), l'identification des espèces est une tâche assez ardue. Elle se fait, par observation microscopique de la figure périnéale (région postérieure) des femelles de *Meloidogyne*. Toutefois, ce caractère n'est pas le seul à considérer dans l'identification des nématodes à galles. La littérature évoque d'autres procédés tels que les mesures biométriques (Dickson et al., 1970), la gamme d'hôte (Chitwood, 1949), la cytologie par le nombre chromosomique (Triantaphyllou, 1973). A ce titre Hackeney en 1977, a révélé des différences entre les espèces de *Meloidogyne* d'un point de vu du nombre de chromosome. Il dénombre 43 et 47 chromosomes pour deux populations de *M. Javanica*, 42 chromosomes pour *M. Incognita* et 37 et 52 chromosomes pour *M. arenaria*. (Fig. 1).



A: organisation schématique (an=anus; ch.1.=champ latéral, v= vulve)(Netscher,1970)
B: empreintes des espèces arenaria (a), incognita (i),et javanica (j) (Fargette,1987a)

Figure .1 : Figure périnéales de Meloidogyne spp.

Le développement des recherches en nématologie s'est orienté au cours de ces dernières années vers les caractères biochimiques. Eisenback et Triantaphyllou

(1990), ont fait l'analyse des estérases et des malates déshydrogénases par électrophorèse sur gel de polyacrylamide pour différencier huit espèces de *Meloidogyne*.

La méthode moléculaire pour l'identification des espèces est basée sur la réaction de la polymérisation en chaîne (PCR), cette méthode permet d'identifier d'une manière fiable chaque espèce de nématode. Ce procédé a permis d'identifier sur la base de l'établissement d'ADN ribosomal trois espèces *M. chitwoodi*, *M. fallax* et *M. hapla* (Zijlstra et al, 1995; Castragnone - Sereno et al. 1999).

La classification des *Meloidogyne* établi par Reddy en 1983 est la suivante :

Règne	Animal
Sous-règne	Métazoaires
Embranchement	Némathelminthes
Classe	<i>Nematoda</i>
Sous-classe	<i>Secernenta</i>
Ordre	<i>Tylenchida</i>
Super-famille	<i>Tylenchoidea</i>
Famille	<i>Meloidogynidea</i>
Sous-famille	<i>Meloidogynae</i>
Genre	<i>Meloidogyne</i>

I.2. Caractéristiques morphologiques des *Meloidogyne*

Les *Meloidogyne* sont des nématodes endoparasites sédentaires. Ils sont caractérisés par un dimorphisme sexuel très marqué. Les femelles (fig .2.B), sont globuleuses ou piriformes immobiles mesurant 0.44 à 1.3 mm (Bertran et al., 2001) . par contre les larves (fig .2.A) sont vermiformes, pointues à l'extrémité postérieure, d'une longueur variant de 0.2 à 0.5 mm et d'environ 10 µm de diamètre (De Guiran et Netscher, 1970). Les mâles (fig. 2.C) sont facilement distingués des femelles, ils sont filiformes de 1.2 à 1.5 mm de long et 30 à 36 µ de diamètre (Agrios, 1978). Ils renferment une queue arrondie où se trouvent deux spicules, organes copulateurs.

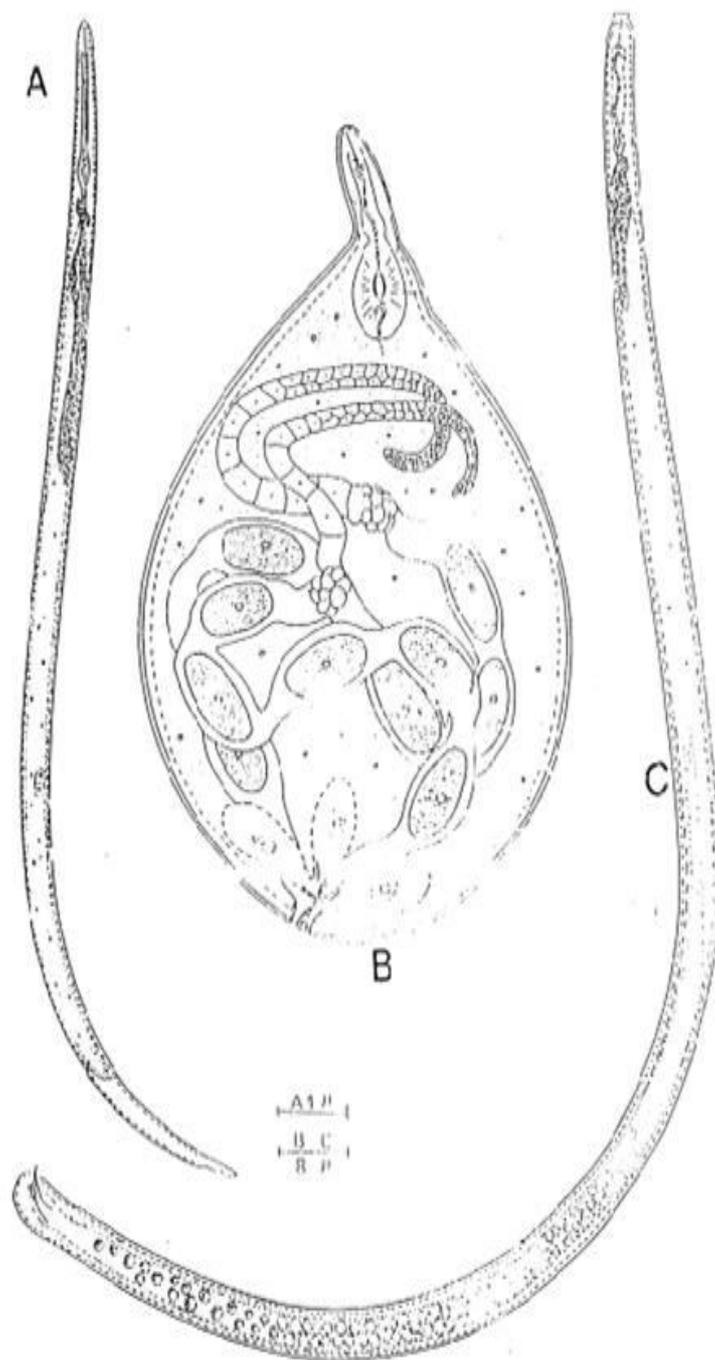


Figure .2: Morphologie du juvénile (A), de la femelle (B), et du mâle (C) de *Meloidogyne* spp (Netscher, 1970).

I.3. Bio écologie des *Meloidogyne*

La reproduction se fait selon les espèces soit sexuée ou parthénogénétique, chez les parthénogénétiques les mâles n'interviennent pas dans la reproduction (Agrios, 1978). Une fois sexuellement mûres, les femelles commencent à pondre des œufs, enrobés dans une masse gélatineuse attachée au corps de la femelle dont un bon nombre d'entre eux éclos dans le sol (Netscher, 1965).

Les œufs sont la forme de résistance, leur évolution passe par la forme (L₁) qui reste incluse dans l'enveloppe de l'œuf (Bertrand et al., 2001). A la sortie de l'œuf, la larve du deuxième stade se déplace dans le film d'eau qui recouvre les particules de terre et se dirige vers les jeunes racines. Elle perce la paroi des cellules par des mouvements répétés du stylet, injectant des sécrétions œsophagiennes, puis, après quelque secondes de repos, aspirent le contenu prédigéré des cellules grâce à leur bulbe médian (De Guiran, 1983). Les larves se nourrissent ainsi sur les cellules épidermiques, puis sur les cellules corticales et enfin sur celles du cylindre central (Kaci Samia, 1999). Les racines des plantes envahies par les larves de *Meloidogyne* sécrétant des substances induisent la formation de galles (cellules géantes) parfois communes à plusieurs femelles (Kaci, 1999).

Après deux semaines les larves subissent une deuxième mue. Dans les quatre jours qui suivent, deux autres mues se font encore. Entre la deuxième et la quatrième mue, le stylet est absent et les nématodes ne peuvent pas se nourrir. Après la quatrième mue, les *Meloidogyne* ont atteint le stade adulte. Ils se sont alors transformés soit en mâles ou en femelles. Le stylet formé et les gonades se sont développés (De Guiran et Netscher, 1970). (Fig. 3).

Le mâle filiforme quitte la racine alors que la femelle, incapable de se mouvoir, reste incluse dans les tissus (galles). Elle devient piriforme, continue à se nourrir au dépend de la plante (Bertrand et al, 2001).

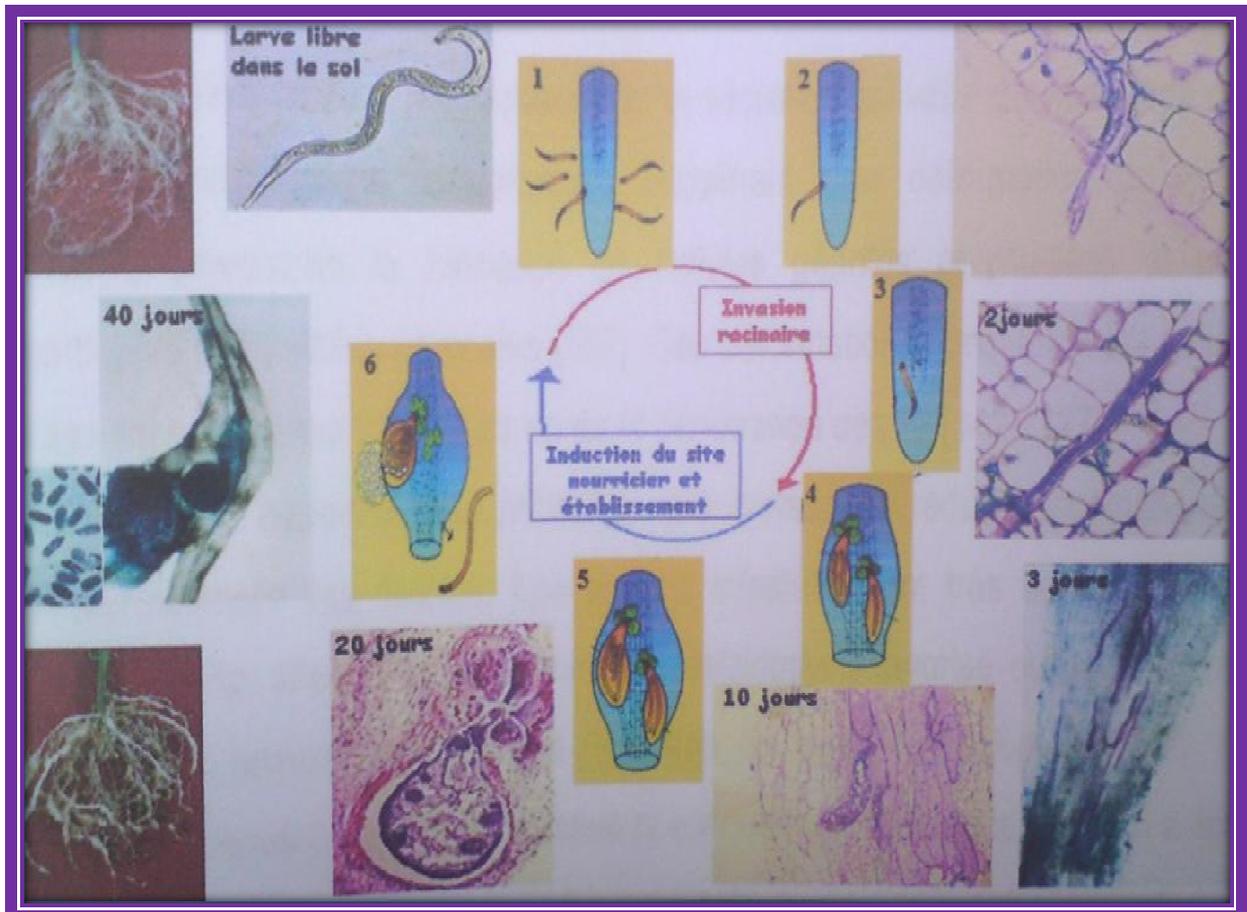
Les femelles adultes de *Meloidogyne* pondent des œufs réunis par une substance gélatineuse en une masse à l'intérieur de laquelle on peut trouver des œufs à tous les stades de leur développement, depuis le stade unicellulaire jusqu'aux larves prêtes à éclore. Pendant cette période, les nématodes subissent une première mue et les larves qui éclosent sont donc des larves de deuxième stade (De Guiran et Netscher, 1970).

Plusieurs générations peuvent se succéder dans des conditions favorables et l'infestation atteint des niveaux considérables. La femelle, immobile pond entre 1000 à 2000 œufs. Ces masses d'œufs peuvent faire saillie à la surface des jeunes racines (De Guiran, 1983).

Par ailleurs, tous les œufs n'éclosent pas en même temps, certains n'éclosent que plusieurs mois après la ponte et résistent au froid et à la

sécheresse. Le sol conserve donc son potentiel infectieux pendant l'hiver ou pendant la mise en repos du sol (De Guiran, 1983).

Les *Meloidogyne* sont répartie dans le sol de façon très hétérogène. Plusieurs facteurs semblent déterminer cette distribution, entre autre , l'hôte , la température, l'enracinement du précédent cultural, les conditions de culture et la nature du sol. (Fig .3).



1 : Larve libre dans le sol. ; 2 : Pénétration des larves du deuxième stade. ; 3 et 4 : Début de maturation des juvéniles en adultes. ; 5 : Différenciation sexuelle des juvéniles. ; 6 : Libération des mâles et éclosion des œufs produites par les femelles

Figure .3 : Cycle de développement des nématodes à galles (Djian-Caporalino C et al. 2009 ; Niebel A et al. 1994).

La température joue un rôle important dans l'activité des *Meloidogyne* (Mokabli,1988) ont montré qu'à une température de 14°C , 2 % seulement, des larves migrent sur une distance de 20 cm et pénètrent dans un plant de tomate, à 18°C , 6 à 8 % et 20 à 22°C , la pénétration est de 30 % . Plusieurs

travaux (Prot et Van Gundy, 1981; Roberts *et al.* 1981; Roberts, 1987; Jeffers et Roberts, 1993) ont montré que la mobilité des larves (L₂) de *Meloidogyne* et par conséquent l'infestation des racines diminuent quand la température du sol est au dessus de 18°C. En ce qui concerne le cycle de vie (Trudgill 1995) rapporte que le cycle de développement de *M.javanica* est achevé à la température de 31°C mais pas à 34.7°C. Par ailleurs, les travaux (de Ploeg et Maris, 1999), réalisés sur *M.incognita* indiquent que la limite des températures maximales pour l'accomplissement du cycle de vie pour cette espèce sont comprises entre 30 et 35.4°C. Toutefois, aucune reproduction ne s'est produite à 35.4°C pour cette même espèce. L'étude de Ritter (1973) signale que l'optimum d'éclosion des œufs de *Meloidogyne javanica* est de 30°C.

L'humidité est un facteur qui affecte la survie des nématodes. Les *Meloidogyne* sont très actifs dans les sols ayant un taux d'humidité compris entre 40 et 60 % (Kaci, 1999). Selon (Bonne Maison , 1961), les larves de *Meloidogyne* peuvent survivre plusieurs mois dans les sols humides, par contre dans les sols secs, elles vivent que quelques semaines. Cependant, les sols saturés en eau inhibe le déplacement des nématodes et l'éclosion des œufs à cause du manque d'oxygène, ce qui peut induire également une forme de quiescence des larves (Baouche, 2000). (Harniche ,1996) signale que les larves des *Meloidogyne* conservent leur agressivité (pouvoir infectieux) pendant 4 jours en absence d'oxygène (en vie ralentie). Un taux faible en CO₂ accélère le développement des nématodes à galles.

D'autres facteurs influencent l'activité des *Meloidogyne* citons la nature des sols. Selon Scotto Lamasses (1986), cette dernière affecte les déplacements et les mouvements des *Meloidogyne* ainsi, ces nématodes pullulent dans les sols sableux et légers que dans les sols lourds.

En Algérie, l'étude de Smaha ;1991 , dans les sols du littoral montre que le taux d'infestation des nématodes à galles est plus important dans les sols sablo-limoneux (de l'ordre de 100 %) par rapport aux sols limono-argileux (de l'ordre de 63,40 %).(Yezli,1995) expliquent que la texture argileuse inhibe le développement de *Meloidogyne*, notamment pour *M.incognita* . De Guiran (1971) rajoute que les sols légers, bien aérés et pauvre en matière organiques sont très favorables au développement et à la pullulation de ce genre.

La plante est un facteur primordial affectant la durée du cycle du développement des *Meloidogyne* (Bonne Maison, 1961). Elle a un effet positif sur la fécondité des nématodes à galles (Huang, 1986 ; De Guiran et Villemin, 1980).

Les exsudats racinaires des plantes hôtes stimulent et intensifient l'éclosion des œufs du genre *Heterodera* (Greco, 1981 ; Caubel et Chaubet, 1985 et Di Vito, 1986) Cependant, aucun effet similaire n'a été enregistré pour le genre *Meloidogyne*

(Ekanayake et Di Vito, 1984 ; Rohini et al ., 1985 ; Dalmasso et al.,1985). Par ailleurs, d'autre plantes présentent des exsudats très toxiques vis à vis des nématodes à galles comme le genre *Tagete* (*Tagete patula*), (Ploeg,2000).L'état physiologique de la plante peut avoir une influence sur la durée du cycle de développement des *Meloidogyne*. (Fig.4).

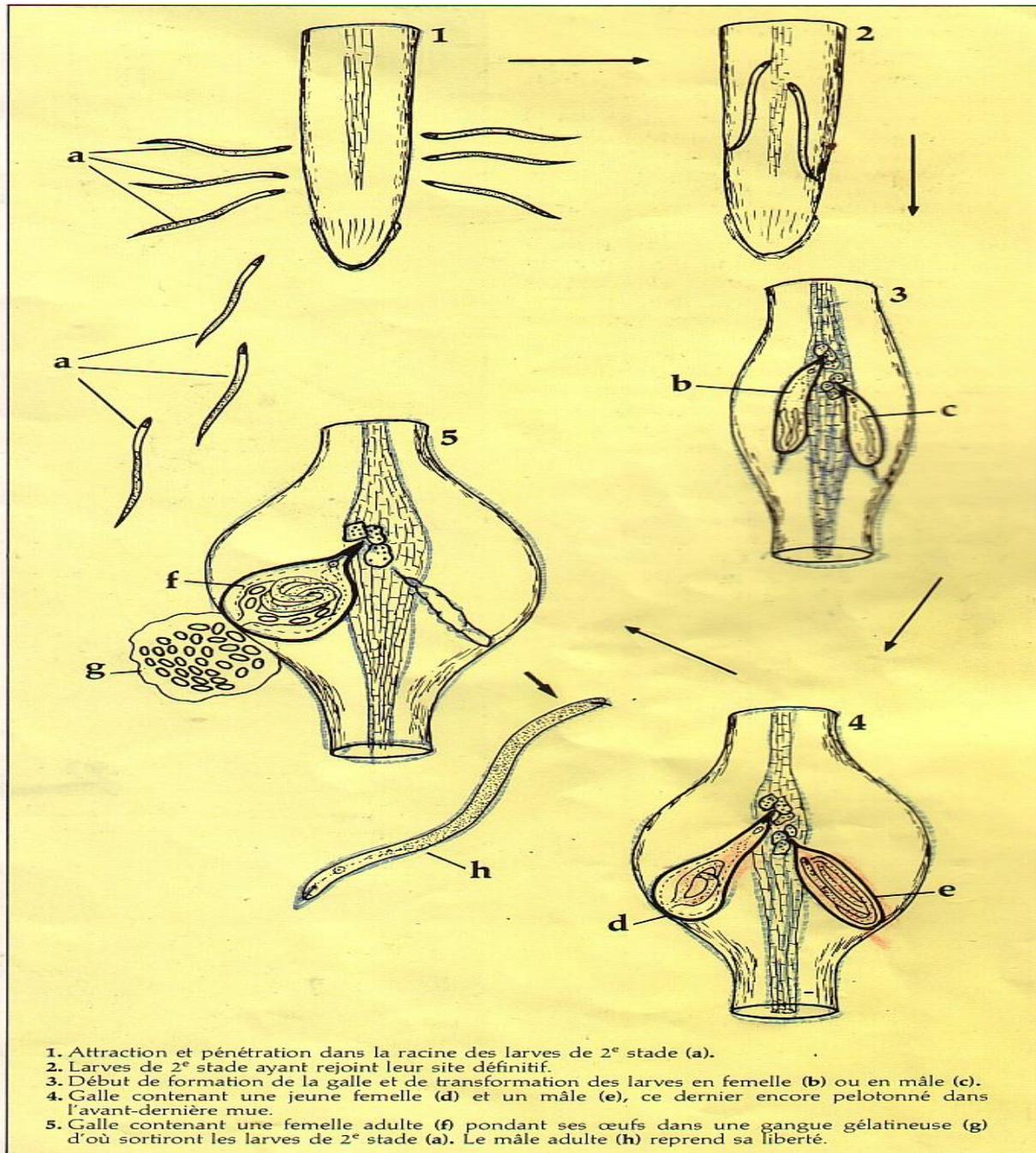


Figure .4. Cycle de vie des nématodes à galles (*Meloidogyne*) (DE GUIRAN, 1983)

I.4.Symptômes et dégâts sur les plantes hôtes

L'attaque massive de nématodes sur les racines d'une plante provoque chez celle-ci une réaction physiologique dont les conséquences ne sont pas évidentes à déceler donc il y'a rarement de symptômes caractéristiques.

Les *Meloidogyne* ou nématodes des racines noueuses ("Root-Knot nématodes "des anglo- saxons) entraînent sur partie aériennes des symptômes similaires à celles causés par plusieurs autres maladies des racines ou lorsque la plante manque d'engrais ou elle est carencée en oligo-élément (Agrios, 1978). Toutefois, l'existence des galles sur les racines permet de reconnaître rapidement la présence des *Meloidogyne* (De Guiran, 1983).

Les plantes infestées montrent une croissance réduite, petites feuilles de couleur vert pâle ou jaune, la fructification est réduite (Agrios, 1978). Sur la culture au champ les symptômes apparaissent par foyers ou en lignes (zones de dépérissement) en des taches (les zones peuplées de nématodes) qui s'étendent de plus en plus jusqu'à finalement couvrir toute la culture (Bertrand, 2001).

Par ailleurs, la relation qui existe entre les *Meloidogyne* et les micro-organismes du sol peuvent être à l'origine de plusieurs autres problèmes phytosanitaires à savoir certaines mycoses, bactérioses et viroses, (Lounici ,1991). A titre d'exemple la présence des *Meloidogyne* favorise les attaques de champignons tels que *Fusarium* ou *Verticilium* albo-atrum qui, à partir du sol, peuvent envahir les vaisseaux conducteurs de toute la plante (De Guiran, 1983).(Fig.5).

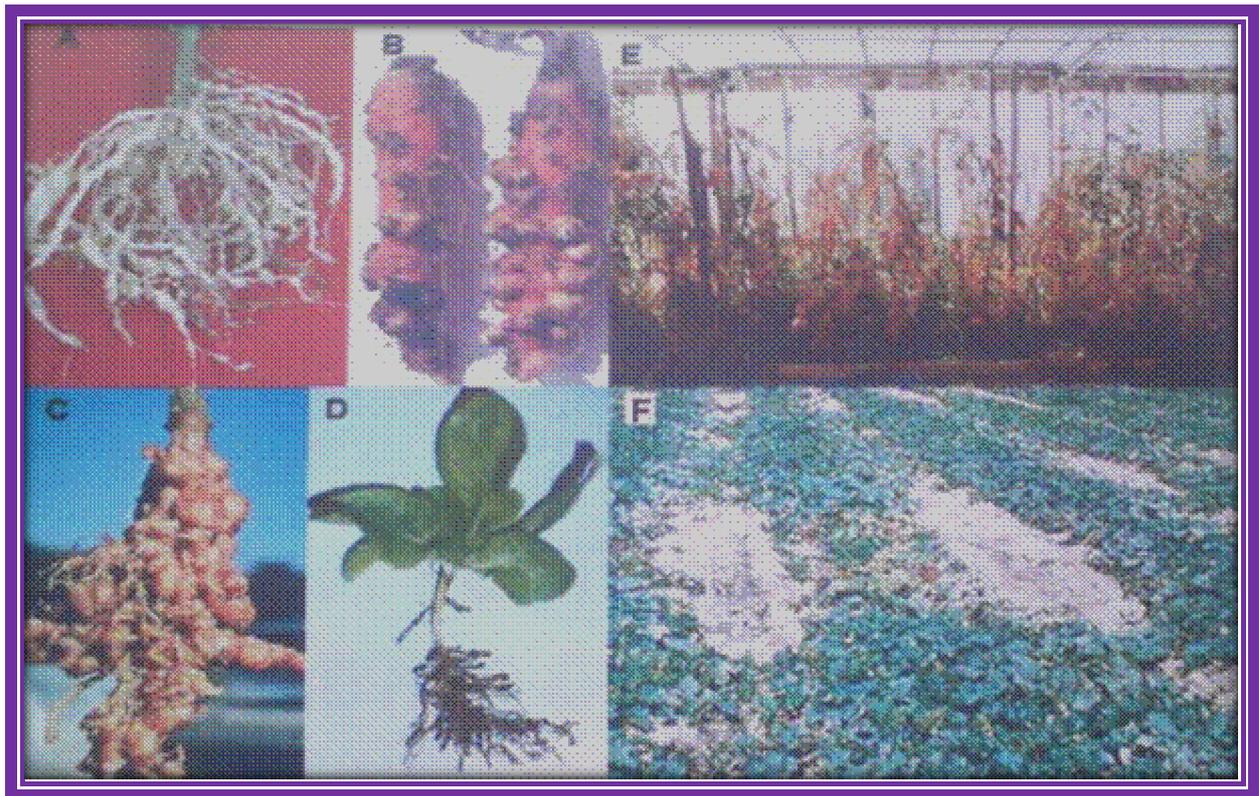


Figure .5. Dégâts sur racines de tomate (A), carotte (B), concombre (C), laitue (D) et sur tomate en serre (E) et melons en plein champ (F) (Djian-Caporalino et al.2009).

CHAPITRE II : Les moyens de lutte contre le genre *Meloidogyne*

Introduction

Les Nématodes phytophages à l'inverse des nématodes zooparasites connus depuis toujours sont passé longtemps inaperçu dans le sol ou à l'intérieur des tissus végétaux. On a souvent couvert l'ignorance de leur présence par le terme général de « fatigue des sols » (Cayrol et al, 1992). Les problèmes phytosanitaires causé par ces ravageurs ont une incidence économique très importance à l'échelle mondiale, car ils s'attaquent aussi bien aux grandes cultures qu'aux cultures maraîchères, florales et fruitières (Cayrol et al, 1992).

En Europe ils sont responsables des dégâts atteignant 10% de la production céréalières et entraînent des diminutions de récoltes de 20 à 30% dans les vergers d'agrumes méditerranéens (Cayrol et al. 1992). Ils constituent l'un des principaux ennemis des plantations et cultures (Caféier, Cotonnier, Bananier, Ananas, Mais, Sorgho, etc...), bases principales du développement de ces pays (Cayrol et al, 1992). Les espèces les plus répandues et causant les plus gros dégâts dans le monde appartiennent au genre *Meloidogyne* (Anguillule ou de nématodes à galles des racines). En raison de leur extrême résistance, de leur grande variabilité physiologique et de leur vie souterraine, il est très difficile de combattre ces nématodes (Cayrol et al, 1992).

Pour protéger les cultures et diminuer les taux d'infestation des sols par les *Meloidogyne*, divers procédés de lutte ont été développés.

II. 1. Moyens préventifs et culturaux

Pour éviter la dissémination et la propagation des nématodes les précautions prophylactiques sont nécessaire tel que l'élimination des débris végétaux infectés, nettoyage des outils aratoires, utilisation d'un système d'irrigation sain plus important encore est le contrôle sanitaire du matériel végétale de plantation : semence, tubercule, plants de pépinière (De Guiran, 1983).

Selon Sarah (1981), la jachère a souvent été conseillée comme moyen de réduire les populations de nématodes. Elle doit avoir une durée supérieure à six mois pour être vraiment efficace. L'emploi de longues jachères réduit le développement du ravageur (Appert et Deuse, 1982). La jachère totale avec élimination complète de toute végétation y compris les plantes adventices et les mauvaises herbes diminuent le degré d'infestation (Taylor, 1968).

D'autres méthodes culturales telles que le labour pendant la saison sèche Taylor (1968) affirme qu'un simple labour de terre élimine une grande partie de *Meloidogyne* en exposant les larves à la dessiccation. De même, la rotation des cultures de tomate avec des céréales s'avère efficace pour réduire les nématodes (Anonyme, 1985)

Les apports en amendements organiques d'origine animale ou végétale s'avèrent favorables pour les cultures. Singh et *al.* (1966) ont observé que le fumier de vache, le terreau de feuilles et les tourteaux de ricin, de moutarde diminuent les populations de *Meloidogyne* tout en augmentant la croissance des plants et en diminuant les problèmes de champignons parasitaires. Par ailleurs, un ajout de cendre de charbon a pu réduire les populations de *M. incognita* (Hap et *al.* 1985).

Par ailleurs, l'emploi des variétés résistantes contrôle efficacement les *Meloidogyne*, (Missonnier, 1985). Les variétés résistantes apportent une protection très efficace à l'égard des *Meloidogyne spp.* (Blancard, 1988). Elles s'opposent au développement des nématodes par suite des réactions d'hypersensibilité et diminue efficacement les niveaux d'infestations des sols cultivés. (Missonnier, 1985). D'après Cayrol (1991), les variétés résistantes entraînent une réduction spectaculaire des populations des *Meloidogyne*.

Cependant, l'utilisation répétée de ces variétés sur une même parcelle peut à la longue créer des races plus agressives, (Dalmasso et *al.*, 1985). Une autre difficulté est liée au fait que la résistance s'estompe souvent lorsque la température dépasse 28°C, (Cayrol, 1991).

II.2. Moyens physiques et chimiques

Les moyens physiques employés contre les nématodes sont représenté par la chaleur (de Guiran et Netscher, 1970), le froid (Cayrol, 1991) et la désinfection du sol à la vapeur sous pression (Taylor, 1968).

La méthode la plus usitée dans les pays chauds est la solarisation. Il s'agit de laisser un plastique au sol en gardant le sol mouillé pendant les mois chauds de l'été. Les températures par ce procédé peuvent atteindre 40 à 60 °C. Selon Cayrol (1991), ce procédé permet de réduire les *Meloidogyne* sur la culture sensible.

Les travaux réalisés par Ostrec et Grubisic (2003) en Croatie révèlent que la solarisation diminue rigoureusement les populations de nématodes phytophages aussi bien en plein champs que dans les abris serres. Les résultats obtenus par ces auteurs montrent que dans les champs, les populations de *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Paratylenchus*, *Tylenchus* et *Tylenchorhynchus* sont diminuées de 97 à 100% à la profondeur de 10 cm et de 92 à 100% à 20cm. Alors que dans les serres ces mêmes taxons sont réduits de 89 – 100% et de 72 – 100% aux profondeurs respectives de 10 et 20cm de sol.

La désinfection à la vapeur se fait par d'injection sous une bâche étanche recouvrant le sol pendant 1h30 à 3 h (consommation : 400l de fuel / 500m²). La profondeur traitée est de dix à vingt centimètres lorsque le sol est finement préparé (Cayrol et al, 1992). C'est un moyen efficace à court terme, cependant seules les couches superficielles du sol sont nettoyées et l'ensemble de la microfaune de ces horizons est détruite.

Les moyens physiques ne peuvent être employés que dans des cas exceptionnels, et sur de petites surfaces (Cayrol et al, 1992). Bien que ces méthodes non chimiques soit très intéressantes, la lutte chimique reste pour des raisons essentiellement d'ordre économique et de facilité de mise en oeuvre, la méthode la plus employée. (Cayrol et al, 1992). Elle consiste, soit à désinfecter les sols chaque année avant plantation avec des produits fumigants ou précurseurs de fumigants, dangereux pour l'homme et l'environnement, soit à traiter sur culture en place avec des produits systémiques, véhiculés par la sève (carbamates et organophosphorés) pour des productions non comestibles ou à récolte tardive (Cayrol et al, 1992).

De nombreux essais au champ ont montré l'efficacité de plusieurs nématocides contre les nématodes à galle des racines (Dirk De Waele et al, 1998) Le trempage de la souche de bananier pendant 10 minutes dans un nématocide avant plantation peut protéger le plant contre l'infection des nématodes pendant quelques mois (Dirk De Waele et al, 1998).

Les nématocides les plus efficaces sont : le DiBromoChloroPropane (DBCP) ou Nemagon, aujourd'hui interdits dans de nombreux pays, les organophosphorés : ethoprophos et fenamiphos, et les carbamates: aldicarbe et carbofuran (Dirk De Waele et al, 1998).

L'immersion des souches de bananier nettoyées dans 1% d'hypochlorite de sodium (NaClO) pendant 5 ou 10 minutes peut aussi détruire *Meloidogyne spp.*, ce prétraitements est efficace, peu onéreux et non toxique. (Dirk De Waele et al, 1998).

De même, on a montré que la fumigation avant plantation avec du dibromure d'éthylène (EDB, aujourd'hui interdit dans de nombreux pays), du dichloropropane – dichloropropène (D-D) ou du bromure de méthyle, ainsi qu'un traitement après plantation avec la plupart des organophosphorés (ethoprophos, cadusaphos, fenamiphos, isazofos, terbufos) et des carbamates (aldicarbe, carbofuran, oxamyl) appliqués plusieurs fois par an, pouvait constituer un traitement très efficace contre les nématodes à galles des racines dans les plantations bananières déjà établies, et améliorer la croissance des plants et les rendements (Dirk De Waele et al, 1998) .

En étudiant les fluctuations saisonnières des nématodes, un programme de lutte raisonné peut être mis en place par application de nématocides seulement quand les populations atteignent un niveau critique, généralement au début de la saison des pluies (Dirk De Waele et al, 1998). A Porto Rico, l'application d'oxamyl sur les pétioles des feuilles de bananiers Cavendish géant, quatre fois à 30 jours d'intervalle pendant le cycle de croissance, a permis de lutter efficacement contre *M. incognita*. (Dirk de Waele et al. 1998).

Vu le danger que présente la lutte chimique, l'homme voit son intérêt s'accroître pour d'autres moyens de lutttes respectueuses de l'environnement et de la santé humaine comme les Moyens biologiques.

II.3. La lutte biologique

II.3.1. Les micro-organismes

Il existe certain nombre d'organismes efficaces contre les nématodes, tel que les champignons, les bactéries.

Selon Cayrol (1991), il existe environ plus de cent espèces de champignons endoparasites et piégeurs (prédateurs) qui détruisent les nématodes. Les plus actives sont représentées par *Arthrobotrys irregularis* (commercialisé sous le nom de S350 puis T350) (Bertrand et al, 2001), *Paecilomyces lilacinus* champignon ovocide considéré comme un auxiliaire naturel pour contrôler les populations de *Meloidogyne*. Il est commercialisé sur le nom B10act et *Verticillium chlamydosporium*(Khan et al, 2003) .

Le mycélium de ces champignons est pourvu de ramifications formant des boucles, boutons ou anneaux sécrétant une glu. Lors de ces déplacements, le nématode peut se trouver piégé dans ce réseau mycélien. L'efficacité de ces produits réside dans leur persistance dans le sol, mais ce n'est pas toujours le cas. Actuellement, aucun produit commercial ne présente ces propriétés mais plusieurs équipes de recherche travaillent sur le sujet (Bertrand et al., 2001).

Les champignons agissent également sur les nématodes par leurs toxines présentes dans les filtrats de cultures. Des recherches ont montré que les filtrats de cultures de *Fusarium solani* et *Rhizoctonia solani*, présentent un effet toxique pour les œufs et les larves de 2^{ème} stade de *Meloidogyne incognita* (Mehdi, 1996 et Belkacem, 1997). De même les espèces de *Lecanicillium* sont bien connues et représentent d'importants champignons avec un potentiel biopesticide vis-à-vis de nématodes phytophages (Goettel et al., 2008). Des travaux ont signalé que *L. psalliotae*, *L. antillanum* et d'autres de *Lecanicillium* se développent sur les œufs de *M.incognita* (Gan et al., 2007; Nguyen et al., 2007).

La symbiose mycorhizienne est un phénomène général chez la plupart des végétaux terrestres (Harley et Harley, 1991). Ce type de symbiose améliore en particulier la nutrition phosphatée et azotée. Il stimule aussi la fixation symbiotique de l'azote .Ces symbiotes fongiques peuvent aussi améliorer la tolérance de la plante à différentes pathologies ou avoir un effet toxique contre les microorganismes pathogènes (Rosendahi et Rosendahi ,1990). Ils sont de deux types le champignon endomycorhizien, comme *Glomus sp.* (Duponnois et al., 1997) et le champignon ectomycorhizien (*Pisolithus tinctorius*, *Paxillus involutls*) (Ducousso,1990).

Le parasitisme bactérien des nématodes revêt une grande importance. Des travaux récentes ont permis de mettre au point une nouvelle technologie par la génie génétique. En effet Li et al. (2008) ont montré que l'introduction du gène qui exprime la protéine toxique de la bactérie *Bacillus thuringiensis* appelée Cry 5B dans le génome des racines des plants de tomate « *Lycopersicon esculentum* » ; a permis de diminuer le nombre de galles 45 jours après infestation des plants transgéniques et une réduction jusqu'à 3 fois la capacité du parasite de se reproduire dans les racines de ces plants.

Certaines bactéries sont utilisées pour leurs substances toxiques comme *Streptomyces avermectilis* qui produit l'ivermectine qui est une toxine très efficace contre différentes espèces de nématode (Duval, 1991).

Selon Siddiqui et Mahmood (1999) une large gamme de rhizobactérie est connue pour réduire les populations de nématodes, les plus importants sont ceux des genres *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Desulfovibrio*, *Pseudomonas*, *Serratia* and *Streptomyces*.

D'autres bactéries comme celles du genre *Pasteuria* sont de communs parasites des nématodes, non seulement des phytophages mais également des nématodes libres du sol (Sturhan et al., 2005). *Pasteuria penetrans* (Thorne), est une bactérie parasite obligatoire contrôlant d'une manière efficace les espèces de *Meloidogyne* (Channer et al, 1990; Stirling, 1991). La réduction de la population de ces ravageurs peut atteindre 80%. Cependant, l'étroite spécificité des souches bactériennes et leur statut de parasites obligatoires sont des obstacles à leur utilisation pratique (Bertrand et al., 2001).

II.3.2. Les plantes nématicides

La production de substances nématicides par les végétaux supérieurs est connue depuis très longtemps. Les données acquises sur le terrain, démontrent l'efficacité de certains végétaux introduits traditionnellement dans les assolements, en culture intercalaire ou sous forme broyées pour lutter contre les nématodes phytoparasites. Plus de deux cents espèces de plantes appartenant à 80 familles différentes, sont étudiées pour leurs propriétés nématicides (Panchaud, 1990 in Aouni). Nombreuses espèces peuvent être utilisées tel que (*Tagetes* spp, *Crotalaria spectabilis*, *Chrysanthemums* spp, *Allium sativum*, *Cinnamomum verum* « Cannelle » et *Azadirachta indica* « Neem »)(Duke.1999 ;Kong et al.,2007 ;Lee et al,2001 ;Park et al,2005 ;Satti et Naser ,2006 ; Satti et al ,2003).

Beaucoup de ces plantes sont introduites en précédent cultural comme la Crotalaire, le Radis fourrager .Pour certaines plantes notamment (les Fabaceae surtout) sont enfouies comme engrais vert. Par contre d'autres sont utilisées sans enfouissement tels que le Panicum sp, Eragrostis sp, la Tagetes sp. Ces plantes testées sur les *Meloidogyne* ont révélé une réduction du nombre de galles sur les racines de

tomates (Bertrand et al., 2001). La Crotalaire constitue un engrais vert nématicide intéressant (comme c'est une légumineuse, son enfouissement constitue une fumure azotée non négligeable). Il faut impérativement l'enfouir pour avoir une action nématicide (Bertrand et al., 2001).

Ces mêmes auteurs affirment que la décomposition des engrais verts libère dans le sol différents acides gras volatils dont l'effet nématicide pourrait s'ajouter à celui des molécules contenues dans les tissus des plantes enfouies. Alexander et Waldenmaier (2002) ont constaté que les populations de *Pratylenchus penetrans* sont réduites de 98 p. cent quand *Tagetes erecta* est utilisée en rotation avec la culture de tomate (*L. esculentum*).

L'application de l'extrait aqueux de *Tagetes erecta* sur culture de tomate supprime significativement les populations des I2 de *M. incognita* et la formation des galles sur des racines de *L. esculentum* (Natarajan et al., 2006).

En Algérie Sellami et Cheifa, (1997) montrent que la culture de *tagetes erecta* placée deux mois avant la mise en place de la culture de tomate, diminue l'infestation du sol par les *Meloidogyne* et augmente la production.

Des travaux ont été entrepris sur les substances naturelles d'origine végétale. Des extraits aqueux des plantes appartenant à la famille botanique (*Asteraceae*) ont été testés vis à vis de *Meloidogyne*. A cet effet citons l'efficacité des extraits aqueux de *Tagetes erecta* sur la mortalité des juvéniles et l'inhibition de l'éclosion de *M. incognita* (Sellami et Moufarah, 1994 ; Sellami et Zemmouri, 2001) de même que les extraits des protéines solubles (cytoplasmiques et pariétales) de *Tagetes minuta* (Nabih Hadj-Sadok et al, 2006).

L'étude réalisée par El badri et al. (2008) sur 27 extraits de plantes nématicides représentés par 21 espèces telle que *Dinbera retroflexa*, *Cucumis melo* var. *agrestis* (fruits), *Eucalyptus microtheca*, *Acacia nilotica*, et *Chenopodium album* ont montrés un effet toxique sur les juvéniles de *M. incognita*. L'activité nématicide des extraits aqueux de 20 espèces de plantes médicinales jordaniennes a été évaluée in vitro contre deux espèces de *Meloidogyne par* Al-Banna et al. (2003).

De même les extraits d'*Origanum syriacum* testés par Oka et al. (2000) ont causés une forte mortalité des I2 de *M. javanica*. L'activité nématicide des extraits aqueux de 20 espèces de plantes médicinales jordaniennes a été évaluée in vitro contre deux espèces de *Meloidogyne par* Al-Banna et al. (2003).

Selon Al-Banna et al. (2003), huiles volatiles sont connues pour être des composants principaux de certaines des plantes testées telles que *Pimpinella anisum*, *Hypericum androsaemum*, *Origanum syriacum*, *Artemisia herba alba* et *Euphorbia macroclada*. Ces huiles volatiles sont connues par leur activité vis-à-vis des bioagresseurs. Diverses investigations rapportent que l'effet nématicide des

plantes est due aux huiles volatiles qu'elles contiennent (Sangwan *et al.*, 1985; Malik *et al.*, 1987; Saxena *et al.*, 1987). Divers huiles essentielles (geraniol, thymol, camphore, carvacrol, eugenol, menthone, terpinene, cineole, et pinene) ont été testées sous leur forme pure contre les *Meloidogyne*, les résultats révèlent que tous ces huiles sont toxiques vis-à-vis *M.javanica* et *M. incognita* à l'exception du cineole (Al-Banna *et al.*, 2003).

L'utilisation des grignons d'olive comme biopesticide exprime un décroissement des maladies causées par les nématodes mais les recherches restent toujours en voie d'exploitation (Cayuela *et al.*, 2008). D'autres plantes pouvant diminuer les populations de nématodes à galles et qui peuvent croître dans nos régions, on peut identifier les plantes suivantes : l'ail, l'armoise absinthe, l'armoise argentée (*Artemisia* spp), la moutarde noire (*Brassica nigra*), la stramoine (*Datura stramonium*), le pourpier gras (*Portulaca oleracea*), la matricaire camomille (*Matricaria chamomilla*) et le radis. (Grainge et Ahmed, 1988).

Les essais des huiles de *Haplophyllum tuberculatum* et *Plectranthus cylindraceus* dans le contrôle de *M.javanica* ont été entrepris in vitro et in vivo (sous abris serres). In vitro le mélange des huiles de *Haplophyllum* et *Plectranthus* s'est montré très toxique pour les larves (L₂) de *M. javanica* et elles ont entraîné une inhibition des œufs de cette espèce après 24 h d'exposition. Les traitements du sol avec le mélange des huiles des mêmes espèces ont révélé la formation de quelques galles sur les racines de tomate (Anthony *et al.*, 2008). Selon les mêmes auteurs l'activité nématicide des huiles de ces plantes est due probablement à la présence de des composés C₁₀ dienes, C₁₀ trienes, et C₁₀ phenol.

Chapitre III. Données bibliographiques sur l'armoise herbe blanche « *Artemisia herba-alba* ».

Introduction

En Algérie, plus d'une dizaine l'armoise sont répertoriées. Certaines sont très rares dans les hautes montagnes. En revanche, d'autres sont très répandues et abondantes dans les régions steppiques et sahariennes. Sa détermination est très connue des populations, car elle est vivace et d'une odeur aromatique très caractéristique (Temani, 2005).

Selon Temani (2005), quatre espèces principales d'armoise caractérisent l'Algérie :

1. **L'armoise blanche « *Artemisia herba alba* »** appelé couramment « Chih » ; C'est l'armoise la plus connue en Algérie ; elle est très populaire pour ces remèdes comme calmer les douleurs abdominales et du foie, vermifuge (élimine le vers, oxyures et ascaris), facilite la digestion et sédative. Ces racines sont aussi indiquées contre les troubles nerveux.
2. **L'armoise commune, « *Artemisia comunis* »** appelé communément « Echiba ». C'est une espèce peu répandue dans l'Atlas tellien, parfois confondue avec l'absinthe sauvage, par son odeur légèrement aromatique et sa saveur amère. Elle possède des propriétés remarquables dans la régulation du cycle menstruelle, elle calme les douleurs abdominales pendant la période menstruelle. Par contre, son utilisation est à éviter pendant les périodes de grossesse. Egalement, elle est contre-indiquée en cure prolongée.
3. **L'armoise rouge « *Artemisia campestris* »** nommé « Dgouft », très connue dans le Nord, dans les Hauts-Plateaux et dans l'Atlas saharien. Les populations du Sud l'utilisent pour calmer les troubles digestifs, les maux abdominaux ainsi que les nausées. En usage externe, elle cicatrise les plaies et les brûlures.
4. **L'absinthe « *Artemisia absinthium* »** appelé « Chadjet Meriem », C'est une espèce eurasiatique, relativement commune dans le Tell et en montagne, où elle est cultivée. De nombreuses vertus thérapeutiques sont attribuées à l'absinthe. Elle est surtout vermifuge, antiseptique, apéritive et fébrifuge. Mais l'utilisation de l'absinthe doit être contrôlée, car elle peut provoquer un empoisonnement.
5. **L'armoise de judée « *Artemisia judaïca* »** *Artemisia judaïca* est un arbuste vivace densément ramifiée d'une hauteur de 50 à 80 cm. Les feuilles sont petites, alternées, sessiles et disséquées, Les fleurs sont groupées, jaune pâle, discoïde, tête hémisphérique 5-10 mm de diamètre, La plante fleurit au début du printemps (Abdallah et Abu, 1987). Ce petit arbuste se développe dans des conditions désertiques avec des précipitations moyennes de 100 mm par an. Dans le Tassili, Il a une grande gamme écologique pour les sols

et se trouve sur sable étages oued, sur les sols graveleux et sur les vastes plateaux (Benchelah et *al.*, 2000). La plante est fréquemment utilisée et très appréciée par les Touareg, Les tiges avec leurs feuilles et les têtes de fleurs, sont recueillies au printemps. Ils sont séchés et broyés en Poudre puis préparés comme infusion (Charchari et *al.*, 1996).

III.1. L'armoise herbe blanche «*Artemisia herba alba*»

III.1.1. Historique et origine

Connue depuis des millénaires, l'armoise herbe blanche a été décrite par l'historien grec [Xénophon](#), dès le début du IV^e siècle, dans les steppes de la [Mésopotamie](#) (Francis, 2001). Elle a été répertoriée en [1779](#) par le [botaniste](#) espagnol [Ignacio Jordán Claudio de Asso y del Rio](#) (IPNI, 2001).

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](#) (Nabli, 1989). Plusieurs noms sont attribués à l'armoise herbe blanche ; [thym](#) des [steppes](#), [absinthe](#) du désert. En [Afrique du Nord](#) et au [Moyen-Orient](#), on l'appelle communément (*shih* ou *shih horasāni*) selon les régions. Au [Maroc](#) occidental, elle porte aussi le nom de (*ḳaysoūm*). En tamazight (berbère), l'armoise se dénomme "izerg". L'armoise herbe blanche est bien connue depuis l'[Antiquité](#), fait allusion à son pouvoir [vermifuge](#) bénéfique pour l'homme et le bétail (Francis, 2001).

III.1.2. [Classification classique](#) de l'armoise

Régne : *Plantae*
Sous règne : *Tracheobionta*
Division : *Magnoliophyta*
Classe : *Magnoliopsida*
Sous classe : *Asteridae*
Ordre : *Asterales*
Famille : *Asteraceae*
Genre : *Artemisia*
Espèce : *Artemisia herba-alba* (Ignacio Jordán Claudio [1779](#), Francis 2001).

III.1.3. Caractéristiques botanique et écologique

L'Armoise herbe blanche «*Artemisia herba-alba*» est une [plante herbacée](#) à tiges ligneuses et ramifiées, de 30 à 50 cm, très feuillées avec une touche épaisse. Les feuilles sont petites, sessiles, pubescentes et à aspect argenté. Les fleurs sont groupées en grappes, à [capitules](#) très petites (3/1,5mm) et ovoïdes. L'[involucre](#) est à [bractées](#) imbriquées, les externes orbiculaires et pubescentes. Le [réceptacle floral](#) est nu avec 2 à 5 fleurs jaunâtres par capitule toutes [hermaphrodites](#) (Pottier, 1981).

Ses caractéristiques morphologiques et physiologiques font d'elle une espèce bien adaptée aux conditions climatiques arides. Le [dimorphisme](#) saisonnier de son feuillage lui permet de réduire la [surface transpirante](#) et d'éviter ainsi les pertes d'eau (Ourcival, 1992). Grâce à son [système racinaire](#) très dense à la surface, l'armoise herbe blanche est capable de valoriser toute humidité superficielle occasionnée par des petites pluies (Le Floc'h, 1989). Cette espèce est également capable d'exploiter l'humidité du sol jusqu'à 50 cm de profondeur (Floret, et Pontannier, 1982) et peut profiter des fractures de la croûte, pour atteindre les poches d'humidité, notamment dans les sols à encroûtement calcaire (Ourcival, 1992). Evenari et al (1976), ont rapporté que chez les plantes âgées d'*Artemisia herba-alba*, la tige principale se divise en « branches » physiologiquement indépendantes les unes des autres et susceptibles de mourir sans entraîner la mort de la plante entière (Evenari et al., 1980).

La floraison de cette espèce débute le plus souvent en juin mais les fleurs se développent essentiellement à la fin de l'été. Lors des années pluvieuses et dans les sols qui lui conviennent, l'armoise herbe blanche présente une forte production de graines et un pouvoir de régénération élevée (Nabli, 1989).

L'Armoise herbe blanche existe dans des bioclimats allant du semi-aride jusqu'au saharien (entre les isohyètes de 150 à 500 mm). Elle semble indifférente aux altitudes et peut vivre dans des régions d'hiver chaud à frais (Nabli, 1989). Par ailleurs, cette espèce est abondante sur des sols, à texture fine, assez bien drainés (marnes, marno-calcaires en pente). Dans le sud, elle pousse sur des sols bruns steppiques de texture moyenne et en extrême sud sur des sols sableux (Nabli, 1989). L'armoise résiste à la sécheresse, supporte le gypse et des niveaux de salinité modérément élevés. Dans un biotope type steppique, les groupements d'*Artemisia herba-alba* sont marqués par deux strates : une strate de ligneux bas (environ 40cm du sol) et une autre constituée d'herbacées annuelles (hauteur moyenne de 20cm) (Nabli, 1989).



Photo .6: *Artemisia herba alba* (Asso, 1979)



Photo .7: (A): fleur, (B): feuille d' *Artemisia herba alba* (Asso, 1979)

III .1.4. Caractérisation chimique de l'Armoise

Au Maghreb, l'armoise herbe blanche constitue un fourrage particulièrement intéressant. En effet, la plante présente un taux de cellulose beaucoup moins élevé que ne laisse préjuger son aspect (17 à 33%). La matière sèche (MS) apporte entre 6 et 11% de matière protéique brute dont 72% est constituée d'acides aminés. Le taux de β -carotène varie entre 1,3 et 7mg/kg selon les saisons (Fenardji et *al*, 1974). La valeur énergétique de l'armoise herbe blanche, très faible en hiver (0,2 à 0,4 UF/kg MS), augmente rapidement au printemps (0,92 UF/kg MS) pour diminuer de nouveau en été (0,6 UF/kg MS). En automne, les pluies de septembre provoquent une nouvelle période de croissance et la valeur énergétique augmente de nouveau (0,8 UF/kg MS) (Aidoud, 1989). Les plantes de la famille des Astéracées, à laquelle appartient l'armoise herbe blanche, ont fait l'objet de plusieurs études phytochimiques par intérêt économique surtout pour leurs huiles essentielles. Les molécules identifiées sont les sesquiterpènes lactones, les coumarines et les hydrocarbures acétyléniques (Da Silva, 2004).

Selon Ferreira et Janick (2009), les métabolites secondaires identifiés chez *Artemisia annua* L sont représentés par les huiles volatiles principalement cétone d'armoise, camphre 1.8-cineole ; germacrene D, hydrate de camphène, α -pinène ; myrcène, β -caryophyllène, et l'alcool d'armoise. Des sesquiterpènes non-volatiles peuvent être récupérés de la plante par l'extraction par solvants. Il y a au moins 20 sesquiterpènes connus comprenant l'artémisinine (arteannuine A), arteannuine B, artemisitène, et acide d'artémisinine.

III.1.4.1. Terpènes

Les [terpènes](#) sont des [polymères](#) constitués d'unités en C₅ ([isopentylpyrophosphate](#)). Les [monoterpènes](#) (en C₁₀) sont des substances légèrement volatiles qui forment les [huiles essentielles](#). Ils protègent les végétaux contre les [parasites](#), inhibent la [croissance bactérienne](#) et attirent les animaux [pollinisateurs](#) (Lüttge et *al*, 1992). Les principaux monoterpènes identifiés dans *Artemisia herba -alba* sont le [thujone](#) (monoterpène lactone), le 1,8-cinéol et le [thymol](#) (Duke, 1992). Des monoterpènes alcooliques (yomogi alcool, santoline alcool) ont été également identifiés dans la plante (Segal et *al*, 1980).

Des [sesquiterpènes](#) (3 unités en C₅) et des sesquiterpènes [lactones](#) dans plusieurs chémotypes du Moyen-Orient ont été détectés par (Segal et *al*, 1985).

Le thujone est probablement l'un des constituants terpéniques les plus bioactifs de l'Armoise. Son nom provient de Thuya (*Thuja occidentalis*), plante de laquelle il a été extrait pour la première fois. On l'a identifié également dans d'autres espèces, comme l'Absinthe (*Artemisia absinthium*) et l'Armoise romaine (*Artemisia pontica*). Structurellement lié au menthol, il est constitué d'un cycle en C₆ (cyclohexane) avec en plus un groupement exocyclique isopropyl et un groupement lactone. Le thujone est un composé chiral présent à l'état naturel sous forme de deux stéréoisomères : l'alpha-thujone et le bêta-thujone (Patočka et Plucar, 2003).

III.1.4.2. Flavonoïdes

Ce sont des composés phénoliques qui contribuent à la pigmentation de la plante. Très ubiquitaires, certains d'entre eux jouent le rôle de phytoalexines, métabolites synthétisés par la plante pour lutter contre diverses parasitoses. Les flavonoïdes sont rencontrés à l'état libre (soluble) ou liés à un sucre (glycosides) dans le liquide vacuolaire. La coloration des dérivés dépend des différentes substitutions de l'atome d'hydrogène sur divers cycles, de la formation de complexes avec les ions métalliques (Fe^{3+} , Al^{3+}) et du Ph (Lüttge et al, 1992). Les principaux flavonoïdes isolés à partir de l'Armoise herbe blanche sont l'hispiduline, la cirsimaritrine (Shen et al, 1994). Des flavones glycosides comme la 3-rutinoside - quercétine et l'isovitexine ont été mis en évidence chez des chémotypes du Sinai (Saleh et al, 1985).

L'huile essentielle de *A. judaica* contient de la pipéritone(53,5%), chrysanthenone (9,8%) et l'acétate de chrysanthenyl (7,4%) (Al-Gaby et Allam, 2000). D'autres constituants sont les caryophyllène, l'acétate de bornyle, bornéol, p-cymène, a et b-pinènes, camphène, le myrcène, le thymol et nérolidol (UNESCO, 1960).

III.1.4.3. Pharmacopée traditionnelle

Depuis longtemps, l'armoise herbe blanche a été reconnue par les populations pastorales et nomades pour ses vertus purgatives. On l'utilise notamment comme vermifuge chez les ovins (Nabli, 1989). Friedman et al. (1986), ont rapporté que l'infusion de l'armoise est assez employée par les bédouins du Négev (Israël) pour soulager les maux gastro-intestinaux. En Tunisie, une enquête menée dans le milieu urbain a montré que l'armoise est essentiellement utilisée pour les maladies du tractus digestif et comme un traitement antidiabétique. D'après les cas interrogés elle donne un pourcentage d'amélioration élevé (Bouraoui et Lafi, 2003).

Chapitre I : Matériel et Méthodes

Introduction

Avec le développement de la chimie, on s'est vite rendu compte qu'il y avait tout un arsenal capable d'éliminer les ennemis de la plante (bactéries, champignons, nématodes, insectes...). Cette approche a conduit à une élimination spectaculaire, du moins à court terme, des organismes nuisibles et à une détérioration parallèle, mais pas nécessairement visible de la qualité de l'environnement (Benayad, 2008). A cause de leur effet négatif sur l'environnement, l'utilisation des pesticides chimiques est devenue de plus en plus restrictive (Wmo, 1965). Un examen systématique des découvertes phytochimiques répertoriées, en utilisant la base de données NAPRLERT (Natural Products Alert Database), révèle que seulement 2 à 5% des espèces végétales ont été examinées en détail d'un point de vue phytochimique (Soejarto et Farnsworth, 1989). Une étude réalisée par Balick et *al.* (1995), a montré que moins de 1% des plantes tropicales sont étudiées d'un point de vue composition chimique. Par conséquent, la voie reste ouverte vers la découverte de nouvelles plantes et en même temps de nouvelles molécules à effet nématicide, bactéricide, insecticide (Benayad, 2008).

I.1. Objectifs

Les biopesticides d'origine végétale peuvent constituer une solution alternative aux produits chimiques. Leurs propriétés pesticides et leur relative innocuité environnementale en font des composés très intéressants pour les traitements phytosanitaires (Regnault-Roger et *al.*, 2005).

L'intérêt du développement de nouvelles formulations à base d'extraits végétaux est dû à leurs avantages écologiques et environnementaux indéniables (Balick et *al.*, 1995).

Ce présent travail a pour objectifs d'évaluer l'efficacité nématicide *in vitro* de deux parties d'espèce d'armoise « *A. herba alba* ». vis-à-vis des espèces de *Meloidogyne*.

Dans cette partie, sont exposés les problèmes d'ordre méthodologique soulevés par notre approche expérimentale.

I.2. Evaluation de la toxicité des traitements (extrait aqueux d'armoise « *A.herba alba* ») sur les larves (L₂) de *Meloidogyne spp* in vitro

I.2.1. Méthodologies utilisées

I.2.1.1. Préparation des extraits aqueux

Les parties aériennes et sous terraines de la plante d'armoise « *A.herba alba* » récoltées dans la région de M'sila au mois d'Août 2011. Ces derniers ont été étalées et séchées à l'ombre pendant 1 mois puis rangées dans un sac jusqu'au moment de son utilisation.

Les plantes sont ensuite broyées et tamisées. La poudre obtenue est utilisée pour la préparation de l'extrait qui sera testé dans notre étude. Le procédé d'extraction utilisé dans notre expérimentation est la macération aqueuse qui consiste à maintenir la poudre de la plante en contact avec l'eau à une température ambiante pendant un laps de temps afin de libérer les molécules actives existantes chez la plante. Pour cela 20g de la poudre végétale est mise en suspension avec 250ml d'eau distillée stérile dans un flacon hermétiquement fermé et parfaitement enveloppé par du papier aluminium. Il est ensuite placé sous agitateur horizontal pendant 72h (Djellout, 2009). Après 72h, le mélange est filtré (Photo 8.A.B) à l'aide du papier WATTMAN (N°05) dans une bouteille en verre stérile de 250ml, entièrement couverte par du papier aluminium afin d'éviter toute dégradation des molécules actives par la lumière. L'extrait pur obtenu est conservé ainsi au réfrigérateur à 4° C jusqu'au moment de son utilisation.



Photo .8 (A) : Les Flacons placés sous l'agitateur et
(B) : la filtration des extraits aqueux (Originale 2011)

I.2.1.2. Préparation de la gamme des solutions

A partir de l'extrait aqueux pur de la plante obtenue après filtration (Photo 10), nous avons préparé séparément les différentes dilutions (P/2 et P/4) dans des bouteilles stériles protégées par du papier aluminium et conservées à 4C°.

Le pH des différentes concentrations ; extrait aqueux pur et dilué au (1/2) et au (1/4) est mesuré. Ensuite des solutions aux mêmes pH que les concentrations sont préparés et conservées à 4C° (eau distillée additionnée de HCL ou NaOH) afin d'établir si le pH des extraits préparés agit sur les larves des *Meloidogyne*.

Pour comparer l'effet de nos extraits aqueux de la plante, nous avons préparé un témoin positif au produit chimique l'Oxamyl à la concentration de 1,5 ml/l. Cette concentration pur a été diluée à l'eau distillée au (1/2) et au (1/4) puis sont conservées dans des bouteilles stériles au réfrigérateur jusqu'au moment des essais (Photo 9).

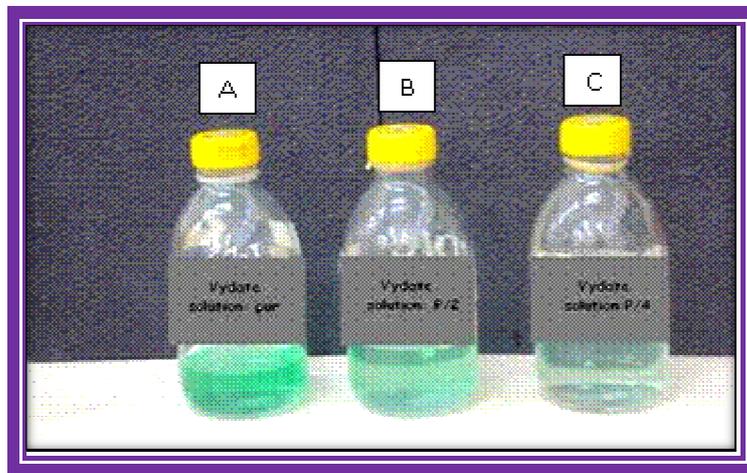


Photo 9: Préparation des solutions de L'Oxamyl

(A) : Solution pur, (B) : dilution P/2, (C) : Dilution P/4(Originale 2011)

I.2.1.3. Obtention et préparation des larves (L₂) de *Meloidogyne*

Les échantillons de racines de la courge infestées par les nématodes à galles *Meloidogyne spp* ont été collectés en fin de culture dans la zone de Fouka puis ramenés au laboratoire de Zoophytatrie.

Les racines sont lavées à l'eau courante puis mises dans une boîte de Pétri en verre en vue d'extraction de masses d'œufs. Cette opération s'est déroulée sous une loupe binoculaire au grossissement (x10) ou (x25), par la méthode de forceps en utilisant deux aiguilles entomologiques.

Les masses d'œufs isolées des femelles de *Meloidogyne* (15 à 30 masses) sont déposées dans de petits tamis en plastiques de 2 à 4cm de diamètre. Ces derniers sont placés dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau distillée puis sont mises à l'étuve à 25C° en vue d'éclosion massive. Après éclosion, les larves (L₂) libérées progressivement dans l'eau sont récupérées et comptées quotidiennement à l'aide d'une loupe binoculaire (x40). (Photo 10).

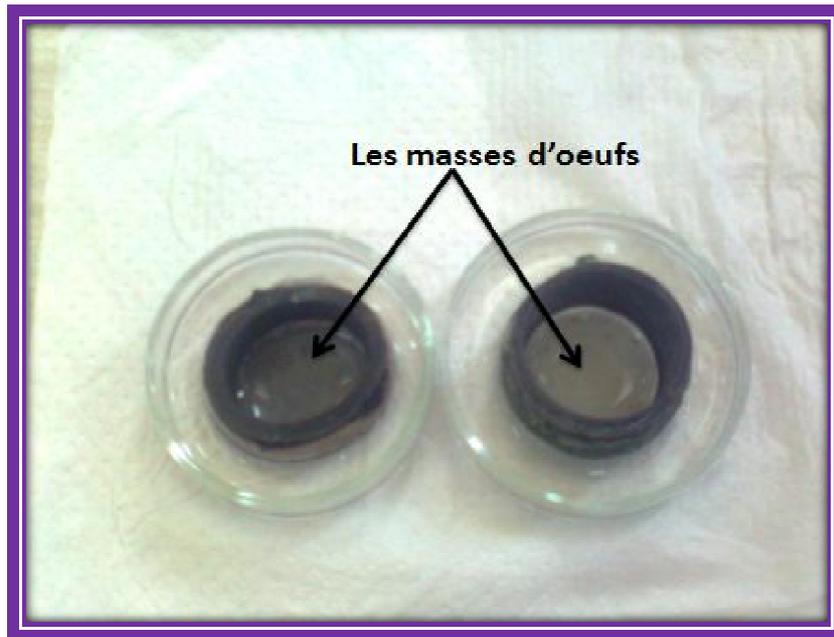


Photo 10: Masses d'œufs isolées et déposées dans de petits tamis en plastiques. (Originale 2011)

Pour les tests in vitro, nous avons compté et réparti les larves de *Meloidogyne* en des lots de 20 ± 1 larves (I2) dans des salières contenant 0,5 ml d'eau. Un total d'environ 1400 larves a été compté.

I.2.1.4. Les essais in vitro des différents traitements

Les tests sont effectués dans une série de salières, chaque salière contient 0.5 ml d'eau distillée additionnée de (20 ± 1) larves de deuxième stade préalablement comptées. Les traitements (extrait aqueux des trois différentes parties d'armoise et de l'Oxamyl) et leurs dilutions ($\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{4}$) sont alors ajoutés à la suspension de larves à raison de 1 ml chacun (Agbenin et al, 2005).(Photo 11) Pour comparer l'efficacité des traitements, nous avons préparé deux témoins ; un à l'eau distillée stérile et l'autre au pH des extraits aqueux des trois parties de la plante « *A.herba alba* » (Photo 12).L'effet toxique des différents traitements est évalué après un temps d'immersion de 24, 48 et 72 heures. Chaque traitement est répété trois fois.

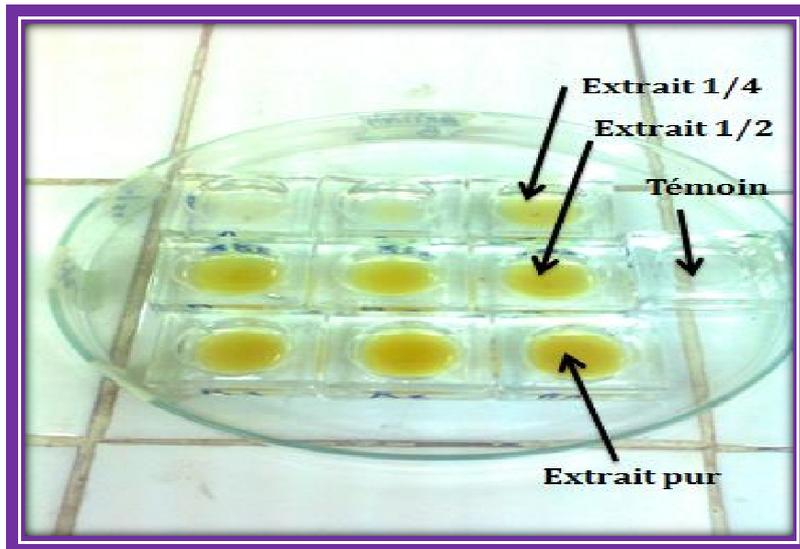


Photo 11 : Dispositif des traitements d'*A. herba alba* (Originale 2011)

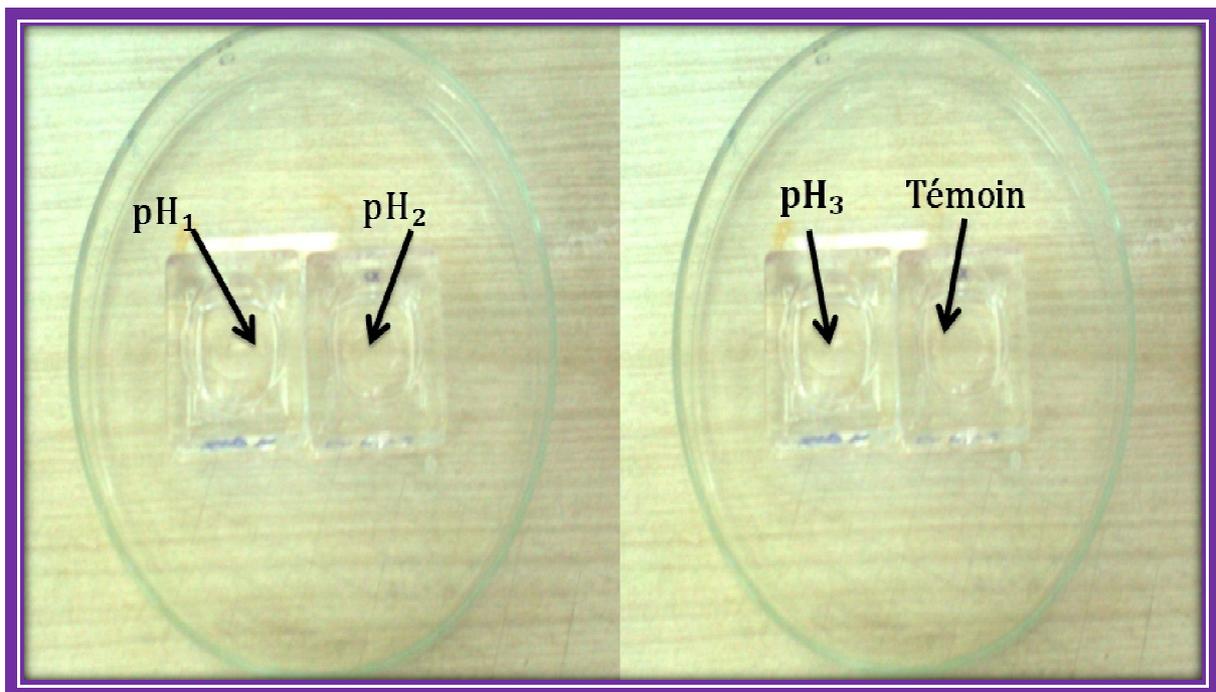


Photo 12: Dispositif des témoins (Originale 2011)

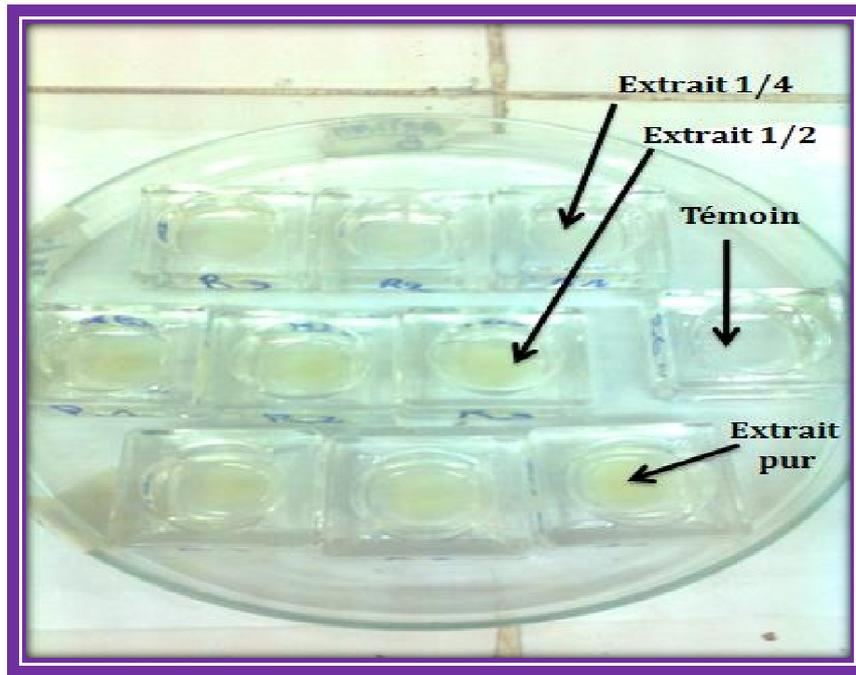


Photo 13: Dispositif de revitalisation (Originale 2011)

L'évaluation de l'effet irréversible d'extrait des trois parties de la plante « *A. herba alba* » et du l'Oxamyl est accompli après 72h (Photo 12). Les juvéniles sont lavés trois fois à l'eau distillée dans les salières pour éliminer le traitement et remis à l'étuve à 25C° pendant 24h en vu de la revitalisation (Cox et al, 2006).

Le pourcentage de larves mortes dans chaque boîte est estimé après 24 h, 48h et 72h d'incubation selon Jourand et al. (2004).

% de mortalité= (nombre de larves immobiles/nombre total de larves) × 100.

I.3. Analyse des données

Les données recueillies sur l'efficacité de différentes parties de l'armoise *herbe blanche* sont analysées statistiquement afin d'émaner son potentiel toxiques vis-à-vis des *Meloidogyne*. Pour cela nous avons fait appel à l'analyse de la variance (ANOVA pour ANalysis Of Variance) ou nous avons utilisé le Modèle Linéaire Global (GLM) (SYSTAT VERS. 12, SPSS 2009).

Chapitre II : Résultats et Discussion

II.1. Evaluation de l'efficacité des extraits aqueux des différentes parties de la plante d'armoise « *Artémisia herba alba* » sur les nématodes à galles (*Meloidogyne*).

Les extraits aqueux des trois parties d'armoise (partie aérienne, partie racine et le mélange des deux parties) ont été préparés et testés sur les larves (L₂) de *Meloidogyne spp* ; dans les conditions de laboratoire. Pour estimer l'efficacité de ces extraits, nous les avons comparés à trois témoins «témoin neutre eau distillée», «témoin traité à l'oxamyl» et «témoins au pH des extraits préparés».

II.1.1 Toxicité des extraits aqueux de la partie aérienne

En comparant la toxicité des trois parties de l'espèce d'*A. herba alba* nous notons que la partie aérienne est plus toxique ; Son effet est comparable au produit chimique utilisé. Dès les 24h, 48h, 72h d'exposition dans l'extrait pur de la partie aérienne, la totalité des larves de *Meloidogyne* meurt (100%). (fig 14).

Pour l'extrait dilué de moitié ($\frac{1}{2}$) après 24h le taux de mortalité dépasse celui du produit chimique. Les pourcentages de mortalité moyens obtenus sont de 78.40 et 77.50% respectivement. Après 48h et 72h d'exposition nous enregistrons la mortalité de toutes les larves dans l'extrait végétal (100%) comparé au traitement à l'Oxamyl (90.69%).

En ce qui concerne la faible dilution ($\frac{1}{4}$), les taux de mortalité enregistrés dans l'extrait végétal sont très faibles notamment après 24 et 48h. Ils n'atteignent pas les 50%, ce n'est qu'après 72h d'exposition que la mortalité dépasse les 50 %. Comparé au traitement chimique la mortalité est plus élevée particulièrement après 48 et 72h d'immersion des larves. Le taux de mortalité est de (82.50%).

Pour les témoins eau et au pH (6.99) de l'extrait végétal les résultats ne révèlent aucune mortalité pour les larves de *Meloidogyne*.

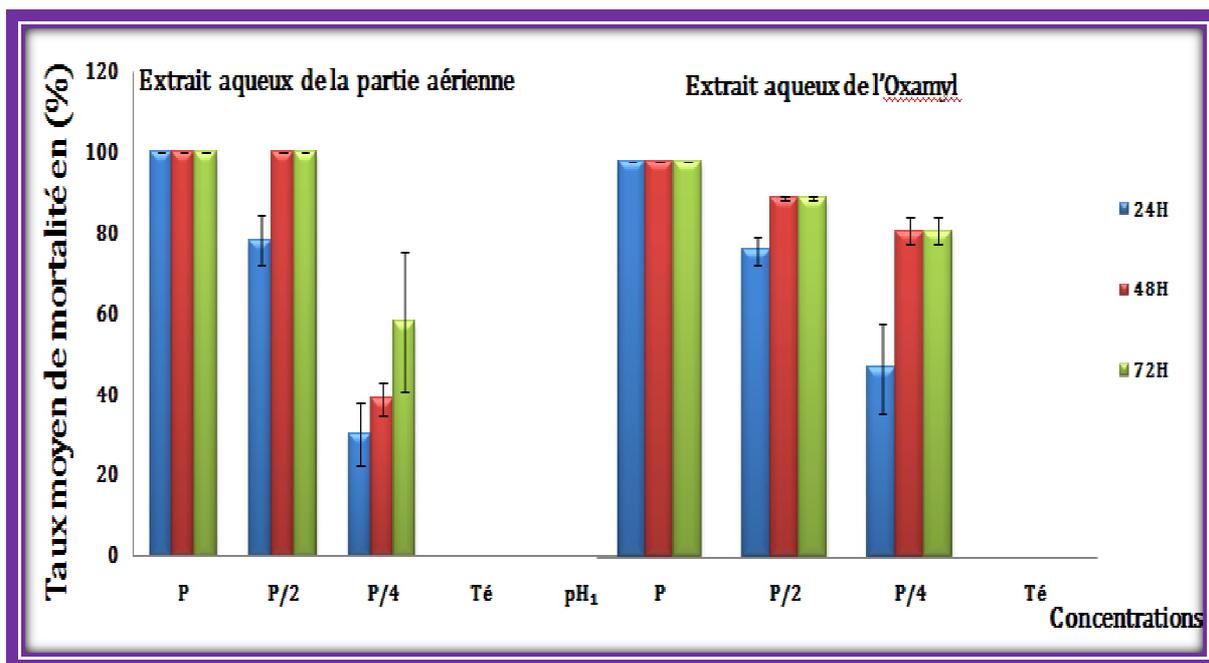


Figure 14 : Evaluation de la toxicité des extraits aqueux de la partie aérienne d'espèce *d'Armoise* et du l'oxamyl sur les larves de *Meloidogyne spp.*

II.1.2 Toxicité des extraits aqueux du mélange (la partie aérienne et racine)

Les résultats représentés par la figure (15) et le tableau (1 annexe) montrent que la mortalité de l'extrait pur du mélange (partie aérienne et racines) augmente dans le temps. En effet, après 24h le taux de mortalité obtenu est de (80%). Il atteint 91,67 et 100% respectivement après 48 et 72 h d'immersion. Comparé au produit chimique la mortalité est plus élevée. Elle est totale (100%) après les 24h d'exposition.

Dans l'extrait dilué de moitié ($\frac{1}{2}$) après des temps de 24h, 48h, 72h la toxicité du produit vis-à-vis des larves de *Meloidogyne* dépassent les 50% de mortalité. Les taux respectifs sont (71,67 ; 81,67 et 90%). Toutefois l'efficacité de produit chimique s'avère plus importante dès les premiers 24h (77.50%), pour atteindre (90.69%) après 48h, 72h d'immersion.

En ce qui concerne le mélange dilué à ($\frac{1}{4}$), les taux de mortalité enregistrés sont plus faible que ceux obtenus avec le pur et le dilué de moitié ($\frac{1}{2}$). En effet, après 24h nous

notons un taux de mortalité de (56.67%). Ce dernier augment après 48 et 72H (68.33 et 70 %).

Le traitement au pH (7.34) du mélange n'a pas affecté la survie des larves de *Meloidogyne* aussi bien que le témoin eau, aucune mortalité n'a été observée.

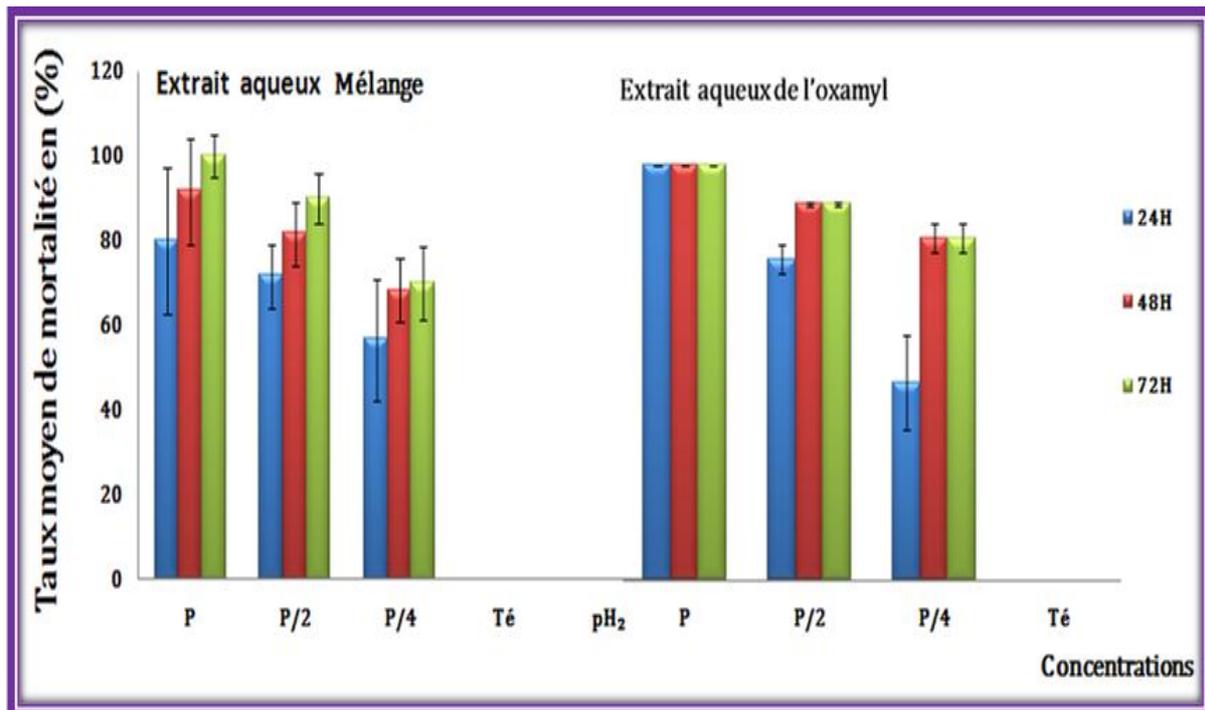


Figure 15 : Evaluation de la toxicité d'extrait aqueux du mélange (la partie aérienne et racine) d'espèce d'*Armoise* et du l'oxamyle sur les larves de *Meloidogyne spp.*

II.1.3. Toxicité des extraits aqueux des racines

Comparé à l'extrait pur des parties aériennes l'extrait des racines a entraîné une faible mortalité notamment après 24 et 48h d'exposition. Les taux moyens de mortalité enregistrés sont respectivement de (55 ; 66.67 et 91.67%) après 24h, 48h, 72h (fig 16).

Pour l'extrait dilué de moitié ($\frac{1}{2}$) et au ($\frac{1}{4}$) la toxicité est très faible comparé au traitement chimique. Les taux de mortalité signalés sont de (41.67 et 40%) après 24h alors qu'après 48h, 72h d'immersion des larves les mortalités respectives dans les deux dilutions ($\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{4}$) sont de (51.67 et 81.67 %) et (53.33 et 75%).

Pour les témoins eau et pH (6.89) d'extrait des racines les résultats ne révèlent aucune mortalité pour les larves de *Meloidogyne*.

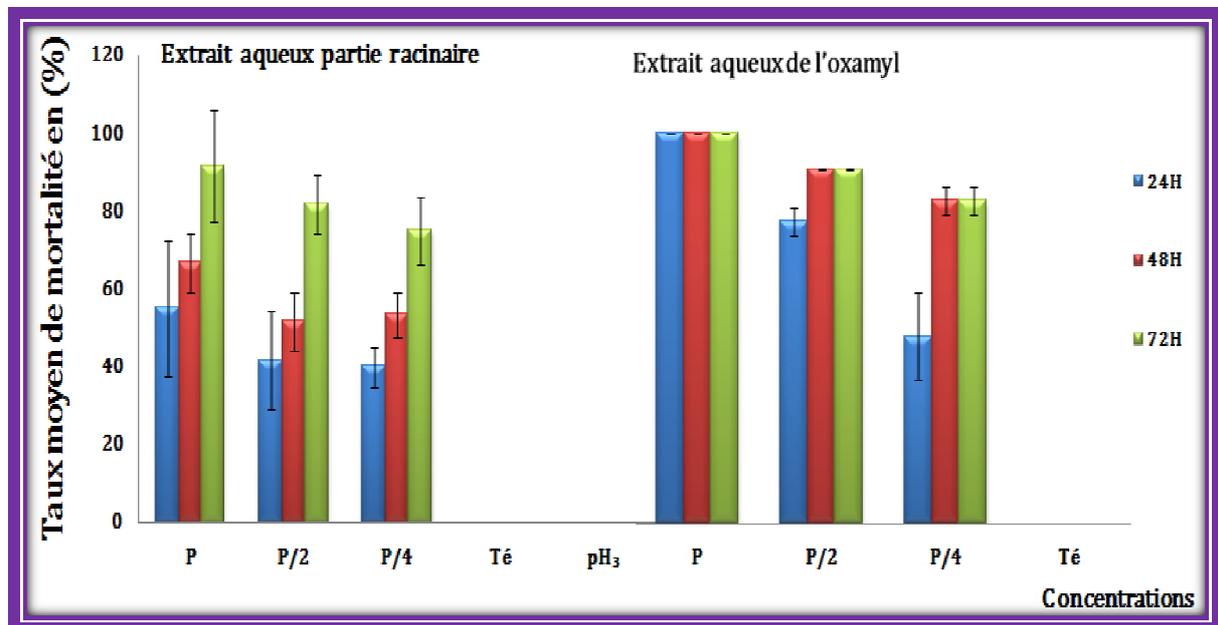


Figure 16: Evaluation de la toxicité d'extrait aqueux de la partie racine d'espèce *d'Armoise* et du l'oxamyl sur les larves de *Meloidogyne spp.*

II.1.4. Comparaisons de l'efficacité des différents traitements sur les larves de *Meloidogyne*.

En effet, d'après les résultats, il apparaît que les extraits végétaux et produit chimique (l'oxamyl) utilisés se sont révélés qualitativement et quantitativement actifs sur les larves de *Meloidogyne*, se traduisant par des taux moyens de mortalité élevés. Ces taux augmentent avec la période d'exposition et la concentration des traitements, comparé au témoin eau et aux témoins pH₁ (6.99) et pH₂ (7.34) et pH₃ (6.89) où aucune mortalité n'a été enregistrée après 72h.

Pour évaluer et comparer la nocivité des extraits aqueux issus des trois parties de l'espèce *d'Armoise* sur les larves de *Meloidogyne spp.*, nous avons réalisé l'analyse de la variance modèle (G.L.M.).

Le tableau (3) révèle des différences très hautement significative entre les traitements et leur concentrations avec une probabilité de ($P=0,000$; $p < 0,05$). Alors que les variations dans le temps sont très significative ($P=0,000$; $p < 0,05$).

Tableau.3 : Modèle G.L.M. appliqué au pouvoir toxique des trois extraits aqueux de l'espèce d'armoise «*A. herba alba* »

Source	Somme des carrés	df	Moyenne carré	F ratio	P
Traitements	279792.896	7	39970.414	263.795	0.000
Temps	5023.864	2	2511.932	16.578	0.000
Concentrations	9881.608	2	4940.804	32.608	0.000
Erreur	27273.709	180	151.521		

L'analyse de la figure (17) confirme que l'extrait du mélange et de la partie aérienne est plus toxique que celui de la partie racines. Leurs efficacités (mélange et partie aérienne) sont assez comparables au traitement chimique (Oxamyl).

Quelque soit le traitement la toxicité augment avec le temps d'exposition. Par ailleurs, les extraits purs sont plus efficaces que ceux dilué de ($\frac{1}{2}$) et ($\frac{1}{4}$).

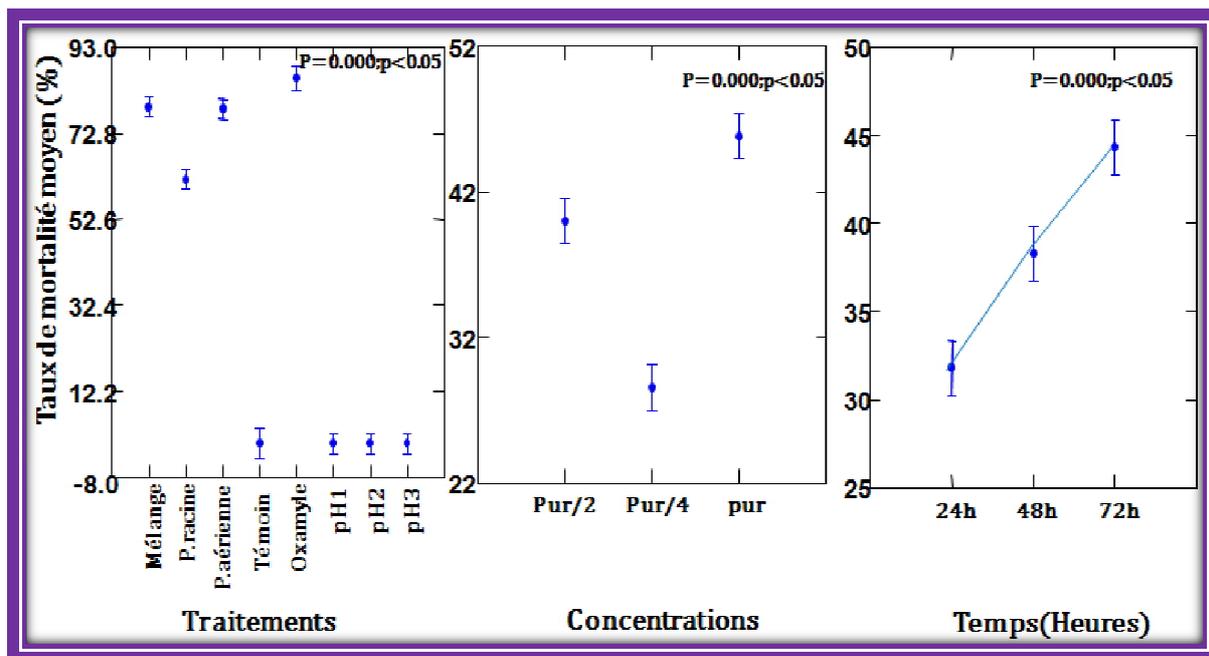


Figure .17 : Toxicité des extraits aqueux des trois parties d'espèce *d'armoise* sur les larves de *Meloidogyne* spp.

II.2. Évaluation de l'effet irréversible des extraits des plantes

Afin d'évaluer l'effet irréversible des traitements testés. Nous avons procédé à la revitalisation des larves après 72h. Les résultats sont consignés dans le tableau. (2 annexe) et la figure (18). Ils révèlent que la toxicité de l'extrait aqueux de la partie aérienne d'*A. herba alba* est irréversible notamment pour l'extrait pur. Cependant l'effet réversible augmente

avec les dilutions. En effet, dans l'extrait dilué au (1/2) très peu de larves s'activent (15.49%) comparé à la dilution (1/4) (70.16%).

En ce qui concerne le mélange et l'extrait aqueux de la partie racine, nous enregistrons des taux de revitalisation plus élevés, notamment dans le dilué au (1/4). Par ailleurs, la revitalisation des larves de *Meloidogyne* dans le traitement au mélange et la partie racine dépasse légèrement l'Oxamyl spécialement dans l'extrait pur et dilué au (1/2).

L'effet réversible le plus élevé est signalé pour l'extrait des racines de l'armoise le taux de larves qui s'activent après traitement et de (38.48 ; 39.90 et 66.67%) respectivement dans le pur et les dilutions (1/2) et (1/4).

Après revitalisation le comportement des nématodes est différent de celui des larves du témoin eau qui sont très actifs et mobiles. Ces dernières apparaissent épuisées et présentent des mouvements très lents et ne parviennent plus à onduler (fig. 19)

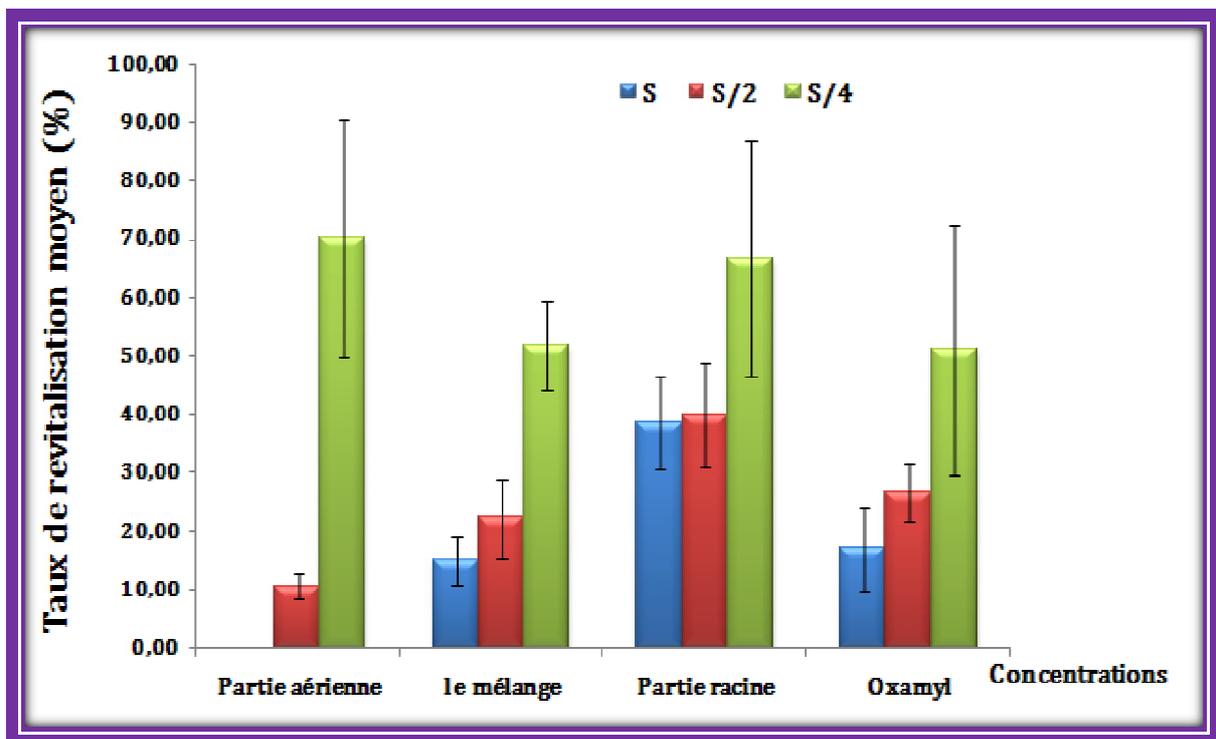


Figure 18 : Le taux de revitalisation des larves de *Meloidogyne*

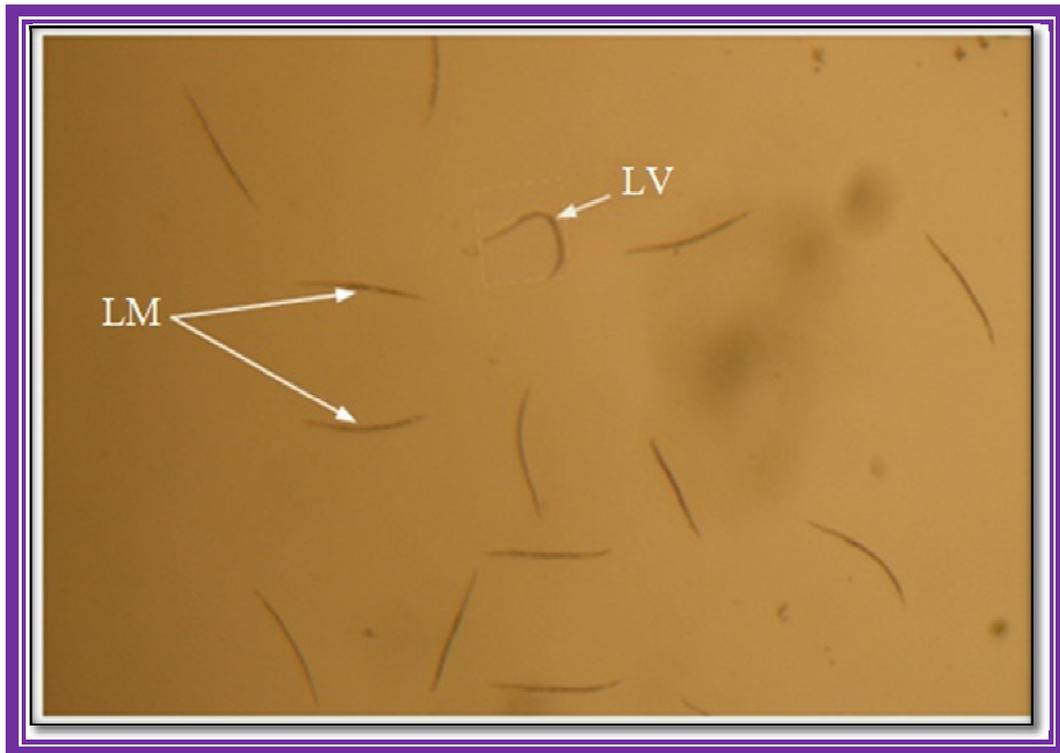


Photo 19: comportement des larves de *Meloidogyne spp* (Gr x40) traitements.

Le modèle G.L.M. appliqué à l'évaluation de la revitalisation en fonction des traitements (tabl 4 et fig 20), montre des variations très hautement significative des taux de revitalisation des larves des *Meloidogyne* en fonction des doses testées et des traitements ($p=0,000$; $p<0,05$) ($p=0,000$; $p <0,05$).

Tableau. 4: l'évaluation de la revitalisation en fonction des traitements effectués à travers l'analyse de la variance (GLM)

Source	Somme des carrés	df	Moyenne carré	F ratio	P
Traitements	2527.631	3	842.544	3.963	0.000
Concentrations	11803.091	2	5901.545	27.759	0.000
Erreur	5740.187	27	212.600		

La figure (20) témoigne de la toxicité élevée de la partie aérienne d'*A. herba alba* vis-à-vis des larves de *Meloidogyne* comparé au deux autres parties et au produit chimique (*Oxmyl*). En effet, la partie aérienne d'*A. herba alba* présente une action irréversible notamment pour l'extrait pur.

En général, l'effet irréversible des traitements est inversement proportionnel aux dilutions.

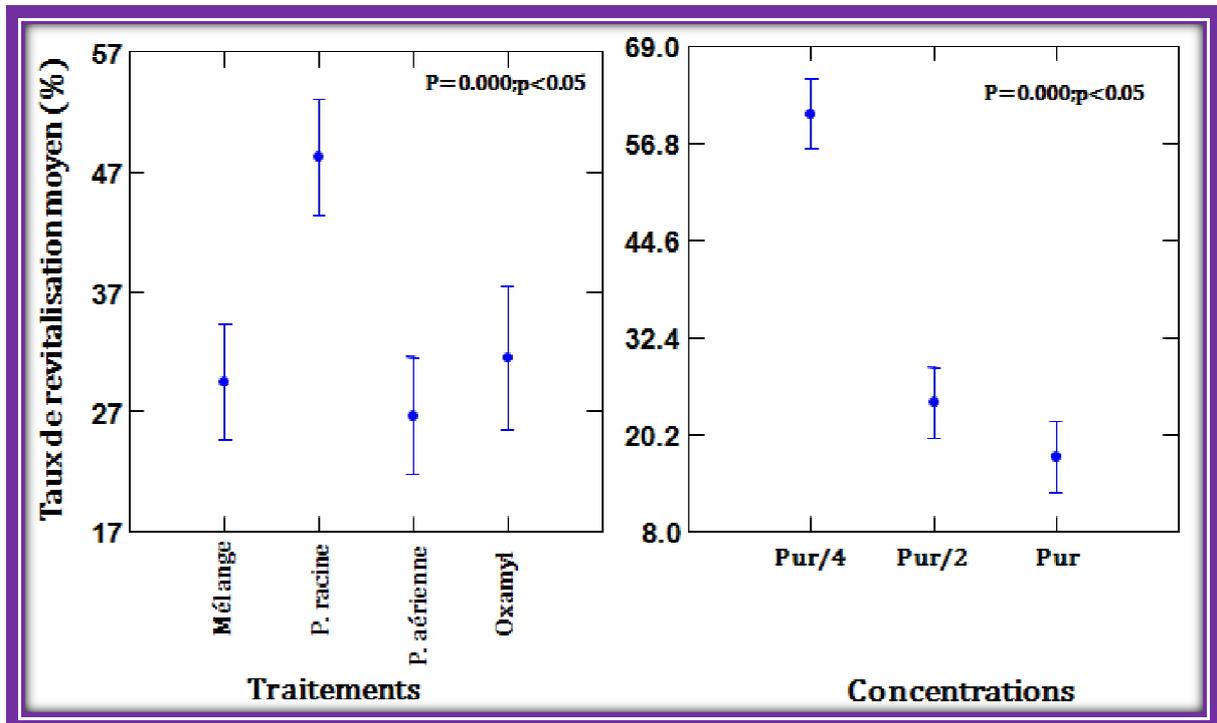


Figure 20 : La revitalisation des juvéniles de *Meloidogyne* après 72H d'exposition aux différents traitements.

II. 3 Discussion :

Les pesticides naturels ont été connus pendant des siècles et leur capacité à combattre les parasites a été découverte au hasard par les observations. Actuellement, les pesticides synthétiques sont largement utilisés contre les bio-agresseurs (Elbadri, 2008). La plupart des nématicides chimiques sont employés dans le contrôle des nématodes phytophages dans les cultures légumières. Ces nématicides présentent des résidus toxiques sur les récoltes, la santé humaine et l'environnement ceci à pousser les investigations à s'orienter vers la découverte de méthodes alternatives pour la gestion des nématodes parasites de plantes (Viaene et Abawai, 1998).

Les produits naturels semblent fournir une solution viable aux problèmes provoqués par les pesticides synthétiques et beaucoup de chercheurs ont identifié des produits naturels efficaces pour remplacer les pesticides synthétiques (Kim et al., 2005). Certains travaux ont testé in vitro les extraits aqueux, alcooliques et lipidiques des différentes plantes nématicides sur les larves et les œufs de divers nématodes, principalement les *Meloidogyne spp.* (Isman, 2002). Par ailleurs, plusieurs composés nématicides ont été isolés des plantes d'*Asteraceae*. Les plus étudiés sont les Polythienyls particulièrement α -terthienyl des espèces de *Tagetes* et d'autres *Asteraceae* (Gommers et Bakker, 1988). D'après Munakata (1979), la plupart des substances naturelles nématicides peuvent avoir une activité systémique (véhiculées par la sève de la plante), sont décomposables et non polluantes. Dijian-Caproralino et al. (2002) affirment qu'elles pourraient être utilisées comme base pour la synthèse de nouveaux nématicides.

Dans ce contexte d'idée, nous avons étudié l'effet in vitro des extraits aqueux des deux organes de l'espèce d'armoise « *A. herba alba* » et leur mélange. Les résultats obtenus ont montré que ces dernières présentent une toxicité pour les larves (L₂) de *Meloidogyne spp.* Ce résultat est en concordance avec les travaux Dias et al. (2000) avec deux espèces d'armoise « *A. verlotorum* » et « *A. absinthe* » testées contre *M. incognita*. D'autres espèces d'*Asteraceae* se sont également révélées toxiques in vitro vis-à-vis des espèces de nématodes à galles. Comme *Calendula officinalis* (Ahmed et al., 1993), *C. arvensis* (Tafifet, 2010), *Tagetes spp.* (Ploeg, 2000) et *Chrysanthemum coronarium* (Bar-Eyal et al., 2006).

Le pouvoir nématicides des trois extraits aqueux d'armoises « *A. herba alba* » varie significativement ; la toxicité des extraits de la partie aérienne d'*A. herba alba* est plus élevée que celle de la partie racine et du mélange. Les taux de mortalité produits varient en fonction de l'espèce végétale, de la concentration de l'extrait et du temps d'exposition (Elbadri, 2008) ; Tafifet, 2010) et Ploeg, 2000).

La toxicité de la partie aérienne d'*A. herba alba* est nettement visible dès les 24h d'exposition dans l'extrait pur, la totalité des larves de *Meloidogyne* meurt (100%). Son action est similaire à celle du l'Oxamyl. Pour cette partie nos résultats sont contradictoire aux investigations de Giannakou et al. (2004) qui signalent l'efficacité des fumigants (1,3-Dicloropropène et dazome) par rapport au bio-nématicide utilisée « *Bacillus firmus* ». Selon thies et al. (1992), le contrôle biologique des nématodes à galles n'est une pratique courante mais les nématicides chimiques tels que des carbamates et des organophosphates contrôlent les *Meloidogyne* à court terme mais n'assurent pas la protection durable des cultures.

La toxicité des extraits aqueux des trois parties d'armoise vis à vis des larves de *Meloidogyne* est probablement due à la présence de principes actifs toxiques. Gommers et Bakker (1988) et Chitwood (2002) signalent plusieurs composés à activité nématocides dans les plantes. Parmi eux les alcaloïdes, les diterpènes, les acides gras, les glucosinolates, les isothiocyanates, les phénols, les polyacétylènes, les sesquiterpènes et les thienyls. Gommers et Bakker (1988) rajoutent que divers composés à activité nématocide ont été isolés des espèces de la famille des Asteraceae. Les plus étudiés sont les polythienyls, particulièrement le α - terthienyl des espèces de *Tagetes* et d'autres Asteraceae.

L'analyse de la variance modèle (GLM) montre des variations significative des taux de revitalisation des larves des *Meloidogyne* en fonction des doses testées ($p=0,000$; $p<0,05$) et des traitements ($p=0,000$; $p <0,05$). En effet, la partie aérienne et le mélange d'*A.herba alba* présente une action irréversible plus élevée notamment pour l'extrait pur.

Par ailleurs, l'effet réversible des plantes testées est inversement proportionnel aux concentrations utilisées. Selon Khan (2009), Les extraits de plantes possèdent des propriétés anesthésiques nématostatique qui agissent différemment sur les larves, ceci reflète des différences dans la nature des métabolites chimiques et le type du principe actif toxique des espèces végétales. Jourand et al. (2004) signalent que l'extrait aqueux des feuilles *Crotalaria grantiana* (légumineuse) présente un effet nématostatique vis-à-vis des (L_2) de *M. incognita* et non nématocide. Les juvéniles ne sont pas tués par l'extrait mais seulement paralysés.

Dans notre cas Il serait probable que certains facteurs biotiques ou physiologiques ont agit sur les composés phytochimiques toxiques et leurs concentrations au niveau des trois parties d'espèces d'armoise testées d'où leur différentes action. Cette hypothèse est confirmée par les travaux de Hain, 1987; Mattson et Haack, 1987 ; et Larsson, 1989 qui affirment qu'un déséquilibre entre les qualités nutritives et les capacités défensives de plantes peuvent être du à un facteur ou une conjonction de facteurs abiotiques. De même (Martin et al., 2002; Alfaro et al., 2000) rajoutent que La synthèse des métabolites entomotoxiques tels que les phénols, les huiles essentielles, etc..., varie également en nature et en intensité selon la saison.

Conclusion Générale

Les *Meloidogyne* constituent un groupe de nématodes très particulier s'attaquant à plusieurs espèces botaniques notamment les cultures maraîchères. Au cours des dernières décennies, l'attention portée aux effets secondaires des pesticides a profondément modifié la perception à l'égard des pesticides. Ils sont devenus, pour certains, des produits dangereux que l'on devrait bannir ou, au mieux un mal nécessaire.

Dans un but d'amélioration agronomique, environnementale et économique nous avons testé un moyen biologique dans le contrôle des nématodes à galles. Pour cela nous avons employé trois différentes parties d'espèces d'armoise *A.herba alba* afin d'évaluer sa toxicité in vitro contre les *Meloidogyne*.

Les extraits aqueux in vitro ont montré une toxicité très importante vis à vis des larves de *Meloidogyne*. Toutefois cette dernière varie en fonction de la partie d'espèce végétale la concentration des extraits et le temps d'immersion des larves. Par ailleurs, les principes actifs de la partie aérienne d'*A.herba alba* se sont révélés plus efficaces que ceux du mélange et de la partie sous terrain.

Il serait intéressant de poursuivre et d'approfondir cette étude préliminaire afin de définir et de caractériser les matières actives existante au niveau des parties étudiés dans le but de les formuler et de les utiliser comme produits finale, stable et applicable dans le domaine agricoles.

1. **Abdalla, SS, & Abu Zarga, MH, 1987.** Effets de la cirsimaritin, une flavone isolé de *Artemisia judaica*, sur l'iléon isolé de porcs de Guinée. *Planta Med.* 53 (4). pp 322-324.
2. **Agbenin N.O, Emechebe Marley A.M.P.S., Akpa A.D., 2005-** Evaluation of Nematicidal Action of Some Botanicals on *Meloidogyne incognita* In Vivo and In Vitro. *Joun of Agri and Rural Developement in the Tropics and Subtropics*, Volume 106, No. 1, 2005, pp:29-39.
3. **Agrios G.N., 1978 –** Plant pathology, Acad. Press .I.N.C, London, San-Francisco, New York, 853 p.
4. **Ahmed AA, Jakupovic J, Mabry TJ., 1993-** Sesquiterpene glycosides from *Calendula arvensis*. *J Nat Prod*; 56:1821-4.
5. **Aidoud A, 1989.** Les écosystèmes Armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso). II: Phytomasse et productivité primaire. *Biocénoses*, 1-2 : 70-90.
6. **Al-Banna L., Darwish R. M. et Aburjai T., 2003 -** Effect of plant extracts and essential oils on root-knot nematode. *Phytopathol. Mediterr.* 42, pp 123–128
7. **Alexander, S.A., Waldenmaier, C.M., 2002.-**Suppression of *Pratylenchus penetrans* populations in potato and tomato using African marigolds. *J. Nematol.* 34, 130–134.
8. **Alfaro R., Lewis K., King J., EL-Kassaby Y.A., Brown G. et Smith I.D., 2000 –** Budburst phenology of Sitka spruce and its relationship to white pine weevij attack. *For. Eco. Management* 127: 19-29.
9. **Al-Gaby, AM & Allam, RF 2000.** Chimique Analyse, activité antimicrobienne, et l'Essen-
10. **Allili C., 1986-** Résultats préliminaires d'une enquête nématologique sur cultures maraîchères dans la région de Rouïba, Thèse Ing. Agro. ,Inst.Nat.Agro, El-Harrach,Alger,38p.
11. **Anonyme, 2008-2009-** Direction des statistiques agricoles et des systèmes d'informations
12. **Anonyme., 1985-** Monographie de la commune de staouli. Polycopie.60p
13. **Anthony K. Onifade. Majekodunmi O. Fatope. Michael L. Deadman . Salam M.Z. Al-Kindy., 2008-** Nematicidal activity of *Haplophyllum tuberculatum* and *Plectranthus cylindraceus* oils against *Meloidogyne javanica*. *Biochemical Systematics and Ecology.* Journal homepage : www.elsevier.com/locate/biochemsyseco.xxx(2008)1-5.
14. **Appert et Deuse., 1982-** Les ravageurs des cultures maraîchères sous les tropiques. Ed. Gp., Maison Neuve, Paris, 420 P.

15. **Balick M.J, Elisabetsky E, Laird S.A., 1995-** Medicinal resources of the tropical forest : biodiversity and its importance to human health. Columbia University Press : New York.
16. **Bar-Eyal M., Sharon E. et Spiegel Y.,2006-** Nematicidal activity of *Chrysanthemum coronarium* L., *Eur. J. Plant Pathol.* **114** (2006), pp. 427–433. [Full Text via CrossRef](#) | [View Record in Scopus](#) | [Cited By in Scopus \(3\)](#).
17. **Belkacem F., 1997-** Contribution à une etude preliminaire d'une méthode de lutte biologique par filtrate de culture de deux champignons F.Solani et R.Solani contre les oeufs de Meloidigynes (M,incognita et M, arenaria, Nematoda). Thèse.Ing.Inst.Agro.Blida, 68p.
18. **Bellahammou Soumia., 2010-** Contribution à l'étude de la diversité de la nématofaune associés aux cultures maraichères dans la vallée d'oued Righ,Wilaya d'ouargla.Thès.Ing.Agro.Blida.78p.
19. **Benayad N., 2008-** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrees alimentaires stokees. Laboratoire des Substances Naturelles et Thermolyse Eclair Département de Chimie Faculté des Sciences de Rabat.Maroc.61p.
20. **Bertrand C. ; Lizot J.et Mazollier C., 2001-** Lutter contre les nématodes à galles en Agriculture biologique, Rev. : GRAB AVINON, Franse, pp : 25-29.
21. **Bezaz Hind ., 2006-** Etude de la diversité des communautés des nématodes phytophages des cultures maraichères dans quelques régions de l'Algeries. Ing. Agro. Blida. 66 P.
22. **Blancard D., 1988-** Maladies de la tomate. Obser. Ident. Lutt. Rev. Horticole. I.N.R.A., Paris, 212p.
23. **Bonne Maison L., 1961 -** Les ennemis animaux des plante cultitées et des forêts.
24. **Bouache samia ., 2000-** Etude préliminaire des propriétés Nématicide de deux espèces de Tagetes (T.Erecta et T.Minuta) pour le controle de l'infestation des plantes de Tomate par Meloidogyne spp (Nematoda) dans les conditions de laboratoire .49p.
25. **Bouraoui N, Lafi B, 2003.** Plantes médicinales dans les traitements traditionnels (fréquence d'utilisation, formes de préparation et pathologies traitées). Mémoire de fin d'études supérieures section nutrition humaine, École supérieure des sciences et techniques de la santé, Tunis. Note biblique la'anah Encyclopédie biblique en ligne, wormwooChristianAnswers.Net Certaines huiles essentielles extraites d'herbes sauvages en Égypte. Journal des herbes, épices et plantes médicinales Vol. 7 (1). p. 15-24.
26. **Caubel G et Chaubet B., 1985-** Ecllosion et multiplication d'heterodera schartii semidt en colza ou de radis fourragers.Agro, 5(5), pp: 463-466.

27. **Cayrol J.C. ; Caporalino C.D. ; Mattei E.P. ; 1992-** La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. Lab.Bio. des invertibrés INRA, BP 2078,06606 Antibes.15p.
28. **Cayrol J.C., 1991-** Assolements avec des plantes nématicides. La lutte contre les Nématodes. Protect.Echo,des M.I.N.,3p.
29. **Cayuel M.L., Millner P.D., Meyer S.L.F., Roig A., 2008-**Potential of olive mill waste and compost as biobased pesticides against weeds, fungi, and nematode. Science Direct. www.elsevier.com/locate/scitotenv; Science of the total environment 399(2008)11-18.
30. **Channer, A.G., Daudi, A.T., Gowen, S.R., 1990 -** The potential of *Pasteuria penetrans* for the control of *Meloidogyne javanica*: theory and practice. Nematologica 36, pp 339–340
31. **Charchari, S.; Dahoun, A.; Bachi, F. & Benslimani, A., 1996.** Dans l'activité antimicrobienne in vitro des formes substantielles huiles d'Artemisia herba-alba et Artemisia judaica de l'Algérie. Eppos Italiana Rivista n ° 18. p. 3-6.
32. **Chitwood D.J., 2002-** Phytochemical based strategies for nematode control, *Annu. Rev. Phytopathol.* **40** (2002), pp. 221–249. [Full Text via CrossRef](#) | [View Record in Scopus](#) | [Cited By in Scopus \(106\)](#) .
33. **Coomans A., 2000-**Nématodes Systématique :past , présent and future, Nématology 2 ,pp .3-7.
34. **Cox CL J., Lamberti B., Mccarty., Joe E., Toler., Stephen A., Lewis, And S., Bruce Martin., 2006-** Suppressing Sting Nematodes with Brassica sp. Poinsettia, and Spotted Spurge Extracts.
35. **DA Silva J A, 2004.** Mining the essential oils of the Anthemideae. African Journal of Biotechnology December Vol. 3 (12), 706-720 p.
36. **De Guiran G et Villemin M.A., 1980-** Spécificité de la diapause embryonnaire des œufs de *Meloidogyne* (*Nematoda*). Revu de nematologie. 3(1),pp :115-121.
37. **De Guiran G. 1971 –** Le problème *Meloidogyne* et autres nématodes sur cultures vivrières. Tabac, caféier, Riz. In "les nématodes des cultures". Ed .A.C.T.A. Paris, PP. 447 – 475.
38. **De Guiran G. et Netscher C., 1970 –** les nématodes du genre *Meloidogyne*, parasite des cultures tropicales, Cah. ORSTOM, sér. Biol., n°11, pp.
39. **De Guiran, 1983 –** Nématodes, les ennemis invisibles .Les nématodes parasites des cultures en pays tempérés .Ed.La littorale, S.A.Beziers, 40p.
40. **Delmaso A., Cardin M.C., Pohard et Daunad M.C., 1985-** Pouvoir pathogène des nématodes *Meloidogyne* et génétique de la résistance chez quelque solanacées maraîchères. Cr.Acad.Agric.France, n°7, pp : 771-775.
41. **Di Vito M., 1986-** Effet of temperatures and fig root leachate on heatch of *Heterodera* .Fici. Nematol.médit, 14, pp: 231-234.

42. **Dias C.R., Schwan A.V., Ezequiel D.P., Sarmiento M.C. et Ferraz S., 2000-** Efeito de extratos aquosos de plantas medicinais na sobrevivência de juvenis de *Meloidogyne incognita*, *Nematol. Bras.* **24** (2000), pp. 203–210.
43. **Dirke De Waele et Romulo G. Davide., 1998-** Nématodes à galle des Bananiers et plantains, *Meloidogyne incognita* (Kfoid & White, 1919) Chitwood, 1949 ; *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949., Parasites et ravageurs des Musa : Fiche technique n° 3.
44. **Djellout H., 2009-** Evaluation de pouvoir antibactérien de quatre plantes spontanées. Thèse. Ing. Phytopathol. Univ. Blida. 60p.
45. **Djian-Caporalino C., Védie H., Arrufat A., 2009-** Phytoma. Gestion des nématodes a galles : lutte conventionnelle et luttés alternatives. L'atout des plantes pièges. INRA UMR interactions Biotiques et Santé Végétale (IBSV) INRA/UNSA/CNRS 400, Route des Chappes, les Templiers, BP 167 , F-06903 Sophia Antipolis Cedex. 18p .
46. **Djian-Caporalino C., 1991-** Fitat actuel des connaissances sur les substances nématocides produites par des micro-organismes et des végétaux supérieurs, 3^{ème} Symposium sur les substances naturelles d'intérêt biologique, Asie-pacifique, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 26-30 AoDt., 1991.
47. **Djian-Caporalino C, Bourdy G, Cayrol JC., 2002-** plantes nématocides et plantes résistantes aux nematodes. In. Ragnault-Roger, c, Philogene, B J, R, Vincent C 2002. Biopesticides d'origine végétale . Tec & Doc, Paris, p: 187-242.
48. **Ducouso M., 1990-** Importance des symbioses racinaires pour l'utilisation des acacias en Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat, Université de Lyon 1, 260 p.
49. **Duke J, 1992.** Handbook of phytochemical constituents of GRAS herbs and other economic plants. Boca Raton, FL. CRC Press.
50. **Duke S.O., 1990-** Natural pesticides from plants. In : Janick, J., Simon, J.E. (Eds.), *Advances in New Crops*. Timber Press, Portland, OR, pp : 511-517.
51. **Duponnois R., Cadet P., Senghor K., Sougoufara B., 1997-** Etude de la sensibilité de plusieurs acacias australiens au nématode à galles *Meloidogyne javanica*. *Ann. Sci For.*, 54 : 179-188.
52. **Duval J., 1991-** Les nématodes de la tomate. AGRO-BIO, pp : 320-01.
53. **Ekanayake H.M.R.K., et Di Vito M., 1984-** Effect of population densities of *M. incognita* on growth of susceptible and resistant Tomato plant. *Nematol. Medit.*, 12p.
54. **Elsenback et Triantaphyllo H.H., 1991-** Nématodes de Racine nœud : Espèce et cours de *Meloidogyne*. Dans *Manuel de nematology agricole*. Ed. 2, New York, pp. 191-274.

55. **Evenari M, Schulze ED, Lange OL, Kappen L, Buschbom U, 1980-1976-** Long-term effects of drought on wild land cultivated plants in the Negev desert I Maximal rates of net photosynthesis. *Oecologia (Berl.)* 45 (1): 11-18.
56. **Fenardji F, Klur m, Furlon C, Ferrando r, 1974-** White Artemisia (*Artemisia herba-alba* L.). *Rev Elev Med Vet Pays Trop.*; 27(2):203-6.
57. **Ferreira J. et Janick J., 2009-** Annual Wormwood (*Artemisia annua* L.). New Crop FactSHEET www.hort.purdue.edu/newcrop/cropfactsheets/artemisia.pdf
58. **Floret CH. et Pontannier R, 1982-** L'aridité en Tunisie présaharienne, climat, sol, végétation et aménagement. *Trav. Docum. ORSTOM* n° 155, 544 p.
59. **Francis Joannès, 2001-** Dictionnaire de la civilisation mésopotamienne. *Ed Robert Laffont*, ISBN 2-221-09207-4.
60. **Friedman J, Yaniv Z, Dafni A, Palewitch D, 1986-** A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an ethnopharmacological field survey among Bedouins in the Negev desert, Israel. *J Ethnopharmacol.* Jun; 16(2-3):275-87.
61. **Gamal Abdalla Elbadri, Dong Woon Lee, Jung Chan Park, Hwang Bin Yu, Ho Yul Choo., 2008-** Evaluation of various plant extracts for their nematicidal efficacies against juveniles of *Meloidogyne incognita*. *Jouranl of Asia-Pacific Entomology.* Journal homepage : www.elsevier.com/locate/jape ; 11(2008)99-102.
62. **Gan Z., Yang J., Tao N., Liang L., Mi Q., Li J., Zhang K-Q., 2007-** Cloning of the gene *Lecanicillium psalliotae* chitinase *Lpch1* 1 and identification of its potential role in the biocontrol of root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 72,1309-1317.
63. **Giannakou I. O., Karpouzas D. G., Prophetou-Athanasiadou D., 2004 -** A novel non-chemical nematicide for the control of root-knot nematodes *Applied Soil Ecology* 26- 69–79.
64. **[Gommers et Bakker F.J., 1988](#) -** Gommers and J. Bakker, Physiological diseases induced by plant response or products. In: G.O. Poinar and H.-B. Jansson, Editors, *Diseases of Nematodes* vol. 1, CRC Press, Boca Raton, FL (1988), pp. 3–22.
65. **Grainge M., Ahmed S., 1988-** Handbook of plants with pest-control properties. John Wiley and sons, New york.
66. **Greco N., 1981-** Hatching of *Heterodera Carotae* and *Heterodera avenae*. *Nematologyca* .2p. pp: 366-371.
67. **Hadri Habiba., 2006-** Evaluation de la structure des caummunautés de nématodes des cultures maraîchères et leur impact sur le développement de deux variétés de tomate sensible (Marmande) et résistante (piersol), Thèse Ing ., Agro .,Blida, 55 p.

68. **Hain F. P., 1987** – Interactions of insects, trees and air pollutants. *Tree Physiology*. 3: 93-102.
69. **Hanckey R.W. ; Dickerson O.J., 1975**- Marigol, castor bean, and chrysanthemum as controls of *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus alleni*. *Journal of Nematology* . 7 :84-90.
70. **Hap S-R.P Singh et S.K. Saxena., 1985**- Control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* ou tomato with soft fly coal ash. *International nematology Network New letter*. 2(3) pp : 4-6.
71. **Harley J.L et Harley E.L., 1991**- A check list of mycorrhiza in the British flora. *New Phytol. Supplement to vol. 2*, 105 p.
72. **Harniche F., 1996** – Bioécologie des *Meloidogyne spp* dans la région de Staoueli. Etude du comportement de deux variétés de tomate nouvellement introduites en Algérie vis-à-vis des *Meloidogyne*
73. **Hoceini Faiza., 2007**-L'étude de l'effet du basilic (*Ocimum basilicum* malos) sur l'évolution des populations de *Meloidogyne spp.*(*Nematoda-Meloidogynidae*) et sur le développement des plants de tomate (var.Marmande).Thèse Ing .Agro .Blida .41p.
74. **Huang S.P., 1986**- Penetration , developement, reproduction and sex ration of *Meloidogyne javanica* in three canot cultivars. *Journal of nématology*. 18(3).pp :408-412.
75. **IPNI Ignacio Jordan Claudio De Asso y Del, 2001**. The International Plant Name Index
76. **Isman MB., 2002**- problèmes et perspectives de commercialisation des insecticides d'origine botanique.In. Regnault-Roger, C, Philogene, B J. R, Vincent C 2002. Biopesticides d'origine végétale. Tec & Doc, Paris, p: 301-312.
77. **Jeffers, D.P. & Roberts, P.A. (1993)**.-Effect of planting date and host genotype on the root-knot nematode-*Fusarium* wilt disease complex of cotton. *Phytopathology* 83, 645-654.
78. **Jourand P., Rapior S., Fargette M. et Mateille T., 2004** - Nematostatic effects of a leaf extract from *Crotalaria virgulata* subsp. *grantiana* on *Meloidogyne incognita* and its use to protect tomato roots. *Nematology*, Vol. 6(1), pp.79-84
79. **Jourand P., S. Rapior , M . Fargette and T. Matteille., 2004**- Nematostatic activity of aqueous extracts of West African *Crotalaria* species.*Nemat.*,6(5) :765-771.
80. **Kaci Samia., 1999**- Etude morphométrique de quelques populations de *Meloidogyne*(*Nematoda-Meloidogynidae*). Variation de l'infestation en fonction de plusieurs paramètres associés à l'introduction de quelques variétés de tomate à Staoueli. Thèse Ing. Agro. Blida 63P

81. **Khan A., Williams K. et Nevalainen H., 2003-** Testing the nematophagous biological contrôle strain paecilotoxin production, F.E.M.S.Microbiol.Cett. 277,pp :107-111.
82. **Khan S.A., 2009-** Screening of tomato cultivars against root knot nematodes and their biological management. Thèse Doc. Univ of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.152P.
83. **Kim, D.I., Park, J.D., Kim, S.G., Kuk, H., Jang, M.J., Kim, S.S., 2005-** Screening of some crude plant extracts for heir acaricidal and insecticidal efficacies. J. Asian Pacific Entomol.
84. **Kong J.O., Lee S.M., Moon Y.S., Lee S.G., Ahn Y.J., 2007-** Nematicidal activity of Cassia and Cinnamon oil compounds and related compounds toward Bursaphylenchus xylophilus (Nematoda : Parasitaphelenchidae). J. Nematol. 39,31-36.
85. **Lamberti F., Greco N., Volas N., 1977-** Patogenicita di due specie di *Meloidogyne* nei confronti di quattro varieta di palma da dattero. Nematol. Medit., 5, pp. 159-172.
86. **Lamberti F., 1979-** Economic importance of *Meloidogyne spp.* in subtropicale and Mediterranean climates. In « Root-Knot nematodes (*Meloidogyne species*) : systematic, biology and control. » Ed. Lamberti F. and Taylor C.E., Acad. Press, London, pp.341-357.
87. **Larsson S., 1989 –** Stressful times for the plant stress-insect performance hypothesis. *Oikos* 56(2):277-283
88. **Le Floc'h E. 1989.** Biologie et écologie des principaux taxons dans “ Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisienne: I. Eléments de botanique et de phyto-écologie”. 193 p
89. **Lee S.C.,Ahn Y.J.,Park J.D., Kim .J.C., Cho K.Y., Lee H.N., 2001-**Fungicidal activity of 46 plant extracts against rice sheath blight, tomato late blight, cucumber gray mold, barely powdery mildew and wheat leaf rust. Korean J. Pesticide Sci.5,18-25.
90. **Li, CZ, Murch, SJ., EL-Demerdash, M., Saxena, PK, 2008-** Régénération de l'Egyptien médecin- inal une plante, *Artemisia judaica* L. Plant Cell République 21 (6). pp 525-530.
91. **Lounici M., 1991-** Contribution à l'étude des relations *Meloidogyne*-plant-Hôte. Thèse Ing. Agro., Inst. Nat. Agro., El-Harrach,39 P.
92. **Lüttge U, Kluge M, Bauer G, 1992.** Botanique: traité fondamental (traduction française). Ed. Tec. & doc. LAVOISIER, Paris; 205-218 p.
93. **Mahdi D., 1996-** Etude préliminaire d'une méthode de lutte biologique par filtrat de champignons contre les espèces de *Meloidogyne*. Thèse .Ing.Agro. INES.Blida, 65p

94. **Malik M.S., N.K. Sangwan, K.S. Dhindsa, K.K. Verman and D.S. Bhatti, 1987 -** Nematocidal efficacy of some monoterpenes and related derivatives. *Pesticides* 21,pp 30–32.
95. **Martin D., Tholl D., Gershenzon J. et Bohlmann J., 2002 –** Methyl Jasmonate Induces Traumatic Resin Ducts, Terpenoid Resin Biosynthesis, and Terpenoid Accumulation in Developing Xylem of Norway Spruce Stems. *Plant Physiol.*129: 1003-1018.
96. **Mattson W. J. et Haack R. A., 1987 –** The role of drought in outbreaks of plant-eating insects. *BioScience*, 37, 2, pp. 110-118.
97. **Messiaen F., 1974-** Le potager tropical. Techniques vivantes .Ed.presse universitaire de France,T.I. 199 P .
98. **Missonier J., 1985-** La lutte intégrée contre les nematodes, avenir d'utilisation des variété résistantes. *Acad. Agri.*, France.pp: 793-803.
99. **Mokabli A., 1988-** Principaux facteurs qui déterminent l'importance et l'agressivité des *Meloidogyne* sous abris serres en Algérie .Thèse Magister. Inst . Nat. Agro., El-Harrach, 69 P.
100. **Munakata K., 1979-** Nematocidal Natural Products.In D.L. Whitehead & W.S. Bowers: Natural product for innovative pest management. Pergamon press Oxford.
101. **Nabli M A, 1989.** Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisiennes, tome I. Ed. MAB (Faculté des sciences de Tunis) ; 186-188 p.
102. **Natarajan N., Cork A., Boomathi N., Pandi R., Velavan S., Dhakshnamoorthy G., 2006 -** Cold aqueous extracts of African marigold, *Tagetes erecta* for control tomato root knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Crop Protection*, 25, pp 1210–1213
103. **Nebih Hadj-Sadok., 2000-** Etude de la biologie des *Meloidogyne spp.*(*Nematoda- Meloidogynidae*)dans quelques régions du littoral algérien . Thèse Thèse Magister.Inst.Nat . Agro., El-Harrach, 176p.
104. **Nebih Hadj-Sadok D., Belkahla H et Belkacem F., 2008-** Effet du filtrat du culture de *Fusarium Solani* sur morlité des œufs des *Meloidogyne Incognita* et *Meloidogyne Arenaria*, Seminaire National sur les interactions faune-flore et impact des changements globeaux dans les espèces naturels et anthoposés.2-3 Décembre 2008.Scientifiques et techniques phytosanitaires, El-Harrach. 20-21 Juin.
105. **Nebih Hadj-Sadok D., Aouni., 2006-** Effet des proteines (Cytoplasmique et pariétale) des tagets minuta sur les larves infestants(L₂) de *Meloidogyne spp.* Dans les conditions de la boratoire 6^{iem} j.
106. **Netscher G., 1965-** les nématodes du genre *Meloidogyne* parasite des cultures maraîchères en Afrique Occidentale. Lab. De Némato. De P.O.R.S.T.O.M., Abidjan, Cgfe-d'Ivoire.

107. **Nguyen N.V., Kim Y-J., Oh K-T., Jung W-J., Park R-D., 2007-** The role of chitinase from *Lecanicillium antillanum* B-3 in parasitism to root-knot nematode *Meloidogyne incognita* eggs. *Biocontrol Sci. Technol.* 17, 1047-1058.
108. **Niebel A., Gheysen G., et Van Montagu M., 1994-** Plant-cyst nematode and plant-root nematode interactions. *Parasitol. Today* 10, 424-430.
109. **Oka Y., S. Nekar, E. Putievsky, U. Ravid, Z. Yaniv and Spiegel Y., 2000 -** Nematicidal activity of essential oils and their components against the root-knot nematode. *Phytopathology* 90, pp 710–715.
110. **[Ostrec Lj.](#) Et [Grubisic D.](#), 2003- [Effects of soil solarization on](#) nématodes [in Croatia](#). [Anzeiger für Schädlingskunde](#), [Volume 76, Number 5](#), pp 139-144**
111. **Ourcival J M, 1992-**Réponse de deux chamaephytes de la Tunisie présaharienne à différentes contraintes et perturbations. Thèse Doc. USTL, Montpellier, 167 p.
112. **Park I.K., Park J.Y., Kim K.H., Choi K.S., Choi I.H., Kim S.H., 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 nematodes (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Nematology* 7,767-774.
113. **Patočka J, Plucar B, 2003-** Pharmacology and toxicology of absinthe. *Journal of Applied Biomedicine*1: 199–205, ISSN 1214-0287.
114. **Penchaud-Mattei E., 1990-** Possibilités d'utilisation pratique en agriculture contre les nématodes à galles et Kystes : propriétés nématicides de quelques plantes. P.H .M.Revue horticole,n°309,p :29-31
115. **Ploeg A.T. & Maris. 1999-** Greenhouse studies on the effect of marigolds (*Tagètes* spp.) on four *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology* 31, pp. 62-69.
116. **[Ploeg A.T.](#), 2000 -** Effects of amending soil with *Tagetes patula* cv. Single Gold on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato, *Nematology* 2 (2000), pp. 489–493. [Full Text via CrossRef](#) | [View Record in Scopus](#) | [Cited By in Scopus \(7\)](#)
117. **Pottier G, 1981-** Artemisia herba-alba. Flore de la Tunisie: angiospermes–dicotylédones– gamopétales, 1012 p.
118. **PROT, J.C. & VAN GUNDY, S.D. 1981 -** Influence of photoperiod and temperature on migrations of *Meloidogyne* juveniles. *Journal of Nematology* 13, 217-220.
119. **Reddy P., 1983-** Plant nématology. Ed. Agr.Publ.Acad.New Delhi.287p.
120. **Regnault-Roger C, Philogene B.J.R, Fabres G., 2005-** Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Lavoisier Tec and Doc. Paris. P : 1013.
121. **Roberts P.A. 1987 -** The influence of planting date of carrot on *Meloidogyne incognita* reproduction and injury to roots. *Nematologica* 33, 335-342.

122. **Roberts P.A., VAN GUNDY, S.D. & MCKINNEY, H.E.1981**-Effects of soil temperature and planting date of wheat on *Meloidogyne incognita* reproduction, soil populations and grain yield. *Journal of Nematology* 13, 338-345.
123. **Rohini H.M., Ekanayake K et Divito M., 1985**- Effet of différents temperatures on egg hatch of *Meloidogyne artellia*. *Nematology, Médit.* 13, PP: 177-183.
124. **Saleh N, EL-Nougoumy S, Abd-Allah M, Abou-Zaid M, Dellamonica G, Chopin J, 1985.** Flavonoid glycosides of *Artemisia monosperma* and *A. herba alba*. *Phytochemistry* 24(01): 201 203.
125. **Sallami et Moufarah. 1994**- Effet des extraits aqueux de quelques plantes sur la mortalité et l'éclosion des larves de *Meloidogyne. Incognita*, Mededelingen Facultat landbowkundige. En Toegepaste Biologische.wetenschappen. Universiteit Gent 59, pp : 813-816.
126. **Sangwan N.K., K.K. Verma, B.S. Verma, M.S. Malik and K.S. Dhindsa, 1985** - Nematicidal activity of essential oils of *Cymbopogon* grasses. *Nematologica* 31, pp 93–99.
127. **Sarah J.C., 1981**- utilisation d'une jachère travaillée pour luttes contre les nematodes parasites de l'ananas.Revu.Fruit, Blida. INRA, Paris .42(6), pp: 357-359.
128. **Sasser J.N., 1989**- Plant parasitic nématodes : the farmer's hidden enemy. COOP. Public of the dep. Of Planth(N.C. State Univ.) and the Intern. Cropprot. Cons., 115 P.
129. **Satti A.A., Bashir N.H.H., Elkhider E., Naser O.E., 2003**-Effect of neem seeds kernels and « handal » extracts on muskmelon pests complex. Univ. Of Khartoum J.Agr.Sci.11, 40-58.
130. **Satti A.A., Naser O.E., 2006**- Effect of neem (*Azadiracta indica* A.Juss) seed powder aqueous extracts on the control of some major foliage insect pests of eggplant. *Albuhuth* 10,1-16.
131. **Saxena D.B., B.K. Goswami and S.S. Tomar, 1987** - Nematicidal activity of some essential oils against *Meloidogyne incognita*. *Indian Perfume* 31, pp 150–154.
132. **Scotto Lamassese C., 1961**- Les nématodes des cultures : Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie. A.C.T.A., Paris, pp. 436-441.
133. **Scotto Lamassese C., 1986** - Influence des caractéristiques bioécologiques des milieux sur la distribution des nématodes tellurique. *Bull. Rech. Agr., Gembloux*, n°2 PP. 255 – 272.
134. **Segal R, Breuer A, Feuerstein I, 1980**- Irregular monoterpene alccols from *Artemisia herba alba*. *Phytochemistry* 19(12): 2761 2762.

135. **Segal, R., Eden, L., Danin, A., Kaiser, M. and Duddeck, H. 1985-** Sesquiterpene lactones from *Artemisia herba alba*. *Phytochemistry* 24: 1381-1382.
136. **Sellami S et Cheifa M., 1997-** Effet de *Tagetes erecta* contre les Meloidogyne sous abris plastique, Symposium International de phytopharmacie et phytiairie, Sect 6, pp:72-73.
137. **Sellami S et Cheifa M., 1997-** Effet de *Tagetes erecta* contre les Meloidogyne sous abris plastique, Symposium International de phytopharmacie et phytiairie, Sect 6, pp:72-73.
138. **Shen XL, Nielsen M, Witt MR, Sterner O, Bergendorff O, Khayyal M, 1994-** Inhibition of [methyl-3H] diazepam binding to rat brain membranes in vitro by dinatin and skrofulein. *Zhongguo Yao Li Xue Bao*. Sep; 15(5):385-8.
139. **Siddiqui Z.A. et Mahmood I., 1999-** Role of bacteria in the management of plant parasitic nematodes" A review. *Bioresource Technology* 69, pp 167-179.
140. **Singh R.S. et Sitaramaiah K., 1966-** Incidence of root knot of okra and tomatoes in oil caked amended soils. *Pt. Dis. Repr* 50, 668-672.
141. **Smaha D., 1991-** Essai de la mise au point d'une méthode de lutte intégrée contre les Meloidogyne (Nematoda, Meloidogynidae) sous serres dans l'Agéris. Thèse. Ing. Inst. Nat. Agro. El-Harrach. 63p.
142. **Soejarto D, Farnsworth N.R., 1989-** Tropical rainforsts : potential sources of new drugs. *Perspectives in Biology and Medicine* 32, 244-258.
143. **Stirling, G.R., 1991-** Biological Control of plant parasitic Nematodes. *Progress, Problems and Prospects*. CAB International, Wallingford. p. 282.
144. **Sturhan D., Shutova T.S., Akimov V.N., Subbotin S.A., 2005 -** Occurrence, hosts, morphology, and molecular characterisation of *Pasteuria* bacteria parasitic in nematodes of the family Plectidae. *Journal of Invertebrate Pathology* 88, pp 17–26.
145. **Tafifet Lamia., 2010-** Effet bactericide, fungicide et nematicide in vitro de quatre espèces végétales spontanées. Thèse. Ing. Agro. Blida. 176 P.
146. **Taylor L., 1968-** Introduction à la recherche sur les nématodes phytoparasites. Manuel FAO, Rome, 135P.
147. **Thies, J.A., Barnes, D.K., Rabas, D.L., Sheaffer, C.C., Wilcoxson, R.D., 1992-** Seeding date, carbofuran, and resistance to root-lesion nematode affect alfalfa stand establishment. *Crop Sci.* 32, 786–792.
148. **Triantaphyllo A.C., 1973-** Sex détermination in *Meloidogyne incognita* chitwood, 1949 and intersexuality in *M. incognita* (Treub, 1985) chitwood, 1949. *Ann. Inst. Phytopathol. Benaki, N.S.* 3, 12-31.
149. **Trudgill, D.L. (1995).** - An assessment of the relevance of thermal time relationships to nematology. *Fundamental and Applied Nematology* 18, 407-417.

150. **UNESCO, 1960-** Les plantes médicinales des Arides régions. En Recherche sur la Zone Aride. 99 p.
151. **Van beek T.A. and Breteler H., 1993-** Phytochemistry and agriculture proceeding of the phytochemical society of Europe, based on the papers given at a symposium held April 22-24, 1992, Wageningen, The Netherland, PP 107-127.
152. **Viaene N.M., Abawi, G.S., 1998-** Management of *Meloidogyne hapla* on lettuce in organic soil with Sudangrass as a cover crop. Plant Dis. 945–952.
153. **Whitehead A.G., 1968-** Taxonomy of *Meloidogyne* (*Nematodae* : *Heteroderidae*) with description of four new species. Trans. Zool. Soc. London,31, pp.263-401.
154. **Wmo., 1965-** Scientific assessment of ozone depletion : World Metrological Organisation global ozone research and monitoring project. Report No.37,WMO,Geneva, Switzerland.

ANNEXES

Tableau. 1. Effet des différents traitements sur la mortalité moyenne des larves (L₂) de *Meloidogyne spp.*

Les traitements	Temps d'exposition (heures)	Pourcentage de mortalité sur différentes concentrations (%)		
		P	P/2	P/4
Extrait aqueux partie aérienne d'A.herba alba	24	100	78.40	30.35
	48	100	100	38.98
	72	100	100	58.14
Extrait aqueux du mélange d'A.herba alba	24	80	71.67	56.67
	48	91.67	81.67	68.33
	72	100	90	70
Extrait aqueux partie racine d'A.herba alba	24	55	41.67	40
	48	66.67	51.67	53.33
	72	91.67	81.67	75
L'Oxamyl	24	100	77.5	47.73
	48	100	90.69	82.5
	72	100	90.69	82.5
Témoin neutre	24	0	0	0
	48	0	0	0
	72	0	0	0
Témoin pH ((6.99), (7.34) et (6.89))	24	0	0	0
	48	0	0	0
	72	0	0	0

Tableau. 2 : Évaluation de l'effet irréversible des extraits de plante

Le traitement	Pourcentage de revitalisation sur différentes concentrations (%)		
	S	S/2	S/4
Extrait aqueux Partie aérienne d'A.herba alba	0	15.49	70.16
Extrait aqueux du mélange d'A.herba alba	22.42	33.33	51.67
Extrait aqueux partie racine d'A.herba alba	38.48	39.90	66.67
L'Oxamyl	17	26.5	51