REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA FACULTE DES SCIENCES

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention de diplôme de Master en sciences agronomiques

Option : phytopathologie

Thème

EVALUATION *IN VITRO* DE L'EFFET NEMATICIDE DES BIOPRODUITS SUR LES NEMATODES A GALLES DU GENRE *MELOIDOGYNE* (*Nematoda-Meloidogynidae*, Goeldi 1892)

Présenté par :

- **Aicha LAZAR**
- **Katr Enada MIHOUBI**

Soutenu publiquement le: 10 Septembre 2020

Devant le jury composé de:

- M^me^ F.Z. TCHAKER	M.C.B.	Univ. Médéa	Présidente
- M^me^ F. SAFIDDINE	M.A.A.	Univ. Médéa	Promotrice
- M^me^ H. BENDOUMIA	M.A.B.	Univ. Médéa	Examinatrice
- M^me^ M. SLIFI	Doctorant	Univ. Bouira	Examinatrice

2019/2020

Remerciements

On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. Ces années de maîtrise nous ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple. Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.

Nous tenons tout d'abord à remercier ***ALLAH*** *le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.*

En second lieu, nous tenons à remercier notre promotrice Madame ***SAFIDDINE Fadila*** *qui s'est toujours montrée à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'elle a bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

Nos vifs remerciements vont à Madame ***TCHAKER*** *pour avoir accepté de présider ce jury ainsi qu'aux membres du jury, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

A tout le personnel du laboratoire pédagogique de science de la faculté SNV de l'Université Yahia Fares de la Wilaya de Médéa de nous avoir apporté de l'aide pour la réalisation de notre travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Enfin, nous remercions tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

LAZAR Aicha et MIHOUBI Katr Ennada

Dédicace

L'être le plus cher au monde en témoignage de mon respect, à mon amour et mon plus grand rattachement, à l'âme de mon très cher père ***Tahar****, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être, ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation.*

A la femme la plus affectueuse et la plus douce au monde, l'ange le plus tendre qui a été toujours pour moi une source d'amour, de pitié et d'espoir, ma très chère mère ***Amina***

A mon frère ***Abd el Baki et*** *sa femme* ***Soumia***

A mes sœurs ***Meriem*** *et* ***Nafissa***

A tous les membres de ma famille, ami(e)s et proches

A mon cher amie ***Katr Enada*** *et à toute sa famille.*

A toutes personnes qui consultera ce document un jour

Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mes hommages et mon affection

Aicha.

Dédicace

A Mon très cher Père ***Nadir*** *: Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous.*

A Ma tendre Mère ***Hamida*** *: Tu représente pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.*

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon coeur, ma vie et mon bonheur ; la 2eme maman, tante et amie ***Fatiha*** *que j'adore.*

A Mes Très chers ***Grand-père et Grand-mère*** *: Pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, leurs encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant mes études. Puisse Dieu leur accorder santé, bonheur, prospérité et longue vie afin que je puisse un jour combler de joie leurs vieux jours.*

A mon cher petit oncle ***Hamada***

A ma petite sœur Chérie ***Zineb*** *: Je voudrais t'exprimer à travers ces quelques lignes tout l'amour et toute l'affection que j'ai pour toi. Je t'aime petite sœur.*

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes frères : ***Mohamed*** *et* ***Raid.***

Ma chère binôme « ***Lazar Aicha*** *» et à toute sa famille.*

A tous les membres de ma famille, ami(e)s et proches.

Nada.

Table de matières

Remerciements		A
Dédicace		B
Table de matières		C
Liste des figures		D
Liste des tableaux……		E
Liste des annexes……		F
Liste des abréviations …….		G
Introduction……..……		1
Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les nématodes à galles.		3
I.1.	Histoire et nomenclature ……...……	3
I.2.	Position systématique des nématodes à galle……..……	4
I.3.	Morphologie des nématodes à galle …….....	4
I.4.	Modes de la reproduction……...…….....	7
I.5.	Cycle biologique ……..…...……	8
I.6.	Gamme d'hôtes……	10
I.7.	Distribution et importance économique……..…	11
I.8.	Symptômes et dégâts ……...……	12
I.9.	Les facteurs influents sur le développement des nématodes à galle……...	15
I.10.	La lutte contre les *Meloidogyne*…….....	16
Chapitre II : Synthèse bibliographique sur la sauge officinale *Salvia officinalis*…….		24
II.1.	Introduction ……	24
II.2.	Position systématique ……...	24
II.3.	Description morphologique ……..……..	25
II.4.	Origine et répartition géographique……..……	27
II.5.	Ecophysiologie……..……..	27
II.6.	Composition chimique……..…	28

II.7. Principales propriétés de la sauge…….. 30

Chapitre III : Matériel et méthodes……...……..…... 32

III.1. Objectif……... 32

III.2. Présentation générale des régions d'études…….. 32

III.3. Matériel d'étude…….……... 34

III.4. Obtention des Larves de *Meloidogyne* ……..…… 37

III.5. Dispositif expérimental des essais……..…….. 38

III.6. Estimation de la mortalité corrigée…….……... 40

Chapitre IV : Résultats et discussion ……...… 42

IV.1. Effet de l'Armoise blanche « *Artemisia herba alba » sur* les larves de *Meloidogyne spp in Vitro. (Meloidogynae-Nematoda...* 42

IV.2. Effet de la Moutarde jaune « *Sinapis arvensis*» sur les larves (L2) de *Meloidogyn*……..…….. 46

Conclusion ……..…… 52

Références Bibliographiques……..……..…… 53

Annexe ……... 65

Résumé…… H

Abstract…… I

ملخص…… J

Sommaire

Liste des figures

Figure 1 : Différents stades des nématodes à galles vue en microscopie électronique des dimensions de *Meloidogyne spp*…….. 5
Figure 2 : Morphologie du *Meloidogyne* sp ……..… 6
Figure 3: Ornementations de la partie céphalique des *Meloidogyne v*ue de face et vue latérale en microcopie électronique de la partie céphalique de larves juvéniles J2 de plusieurs espèces du genre *Méloidogyne*…….. 7
Figure 4 : Masses d'œufs de *Meloidogyne incognita* sur racines de tomate…… 9
Figure 5: Cycle biologique des nématodes à galles : *Meloidogyne sp*…..... 10
Figure 6: Distribution mondiale des nématodes à galles ……..….. 12
Figure 7 : Galles de meloidogynes sur la racine de tomate ……..…. 13
Figure 8 : Arbre à café (Coffea arabica) affecté par le nématode de galle *(Meloidogyne konaensis*) ……..…. 13
Figure 9 : Attaque de nématode à galles (*Meloidogyne* spp.) sur cultures de melons en plein champ..…….. 14
Figure 10 : La sauge (*Salvia officinalis* L.) ……... 25
Figure 11: Feuilles de *S. officinalis* ……..……..…….……... 26
Figure 12: Les fleurs de *S. officinalis* ……..……..…….…..... 26
Figure 13: Les graines de *S.officinalis* ……..…. 26
Figure 14 : Répartition géographique du genre *Salvia* dans le monde…..... 27
Figure 15: Calendrier de culture de *Salvia officinalis* ……..…. 28
Figure 16 : Structures chimiques des polyphénols de *Salvia officinalis*..…. 29
Figure 17 : Situation géographique de la Wilaya de Médéa……..…. 33
Figure 18 : Situation géographique de la Wilaya de Blida……..…… 34
Figure 19 : Feuilles de la sauge récoltées……..….. 35
Figure 20 : Les feuilles de la sauge après séchage……..... 35
Figure 21 : Broyage et tamisage des feuilles de sauge……..…. 35
Figure 22 : Extraction aqueuse et éthanolique……..... 37
Figure 23 : Méthode d'extraction des larves de *Meloidogyne spp*……..….... 38
Figure 24 : Application des extraits…… 39
Figure 25 : Processus de revitalisation des larves…….. 40

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* 28

Tableau 2 : Fraction de polysaccharides et autres composés identifiés dans les feuilles de *Salvia officinalis* L..... 30

Liste des annexes

Tableau I : Taux de mortalité et de revitalisation des larves de *Meloidogyne spp* sous l'effet des différents traitements des extraits de l'Armoise blanche « *Artemisia herba alba »*..... 65

Tableau II : Taux de mortalité et de revitalisation des larves de de *Meloidogyne spp* sous l'effet des différents traitements des extraits de la Moutarde jaune « *Sinapis arvensis*» 66

Liste des abréviations

APC : Assemblée populaire communale.

DSP : Direction de la Santé et de la Population.

F.A.0 : Food, Agriculture Organization of the United Nations : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

F.A.O.S.T.A.T : Food, Agriculture Organisation of the United Nations Statistical Database,

GC-MS : Gas chromatography-mass spectrometry : chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse

J2 : Juvénile de 2eme stade larvaire.

Kb : kilo base.

L1 : Larve 1er stade.

L2 : Larve de 2eme stade.

L3 : Larve de 3eme stade.

Introduction

Introduction

L'agriculture en Algérie, constitue un secteur extrêmement important de l'économie nationale. Elle couvre une grande partie du territoire national et présente dans plus de 90% des 1541 communes existantes (F.A.0 ,2020).

La production agricole algérienne est dominée par les grandes cultures, en particulier les céréales, le maraîchage, l'arboriculture, la culture des palmiers et les productions animales (ovins, bovins et poulets) (F.A.0.S.T.A.T ,2015).

Les cultures maraichères apparaissent comme l'un des secteurs les plus prometteurs de l'agriculture Algérienne (NEBIH *et al* ., 2014). Malgré l'augmentation des surfaces cultivées chaque année surtout sous serres nous ne disposons pas de données qui permettent le contrôle de certains facteurs limitants qui portent un grave préjudice à ce système de production. Les agriculteurs continuent toujours à utiliser des méthodes traditionnelles et archaïques de production qui ne répondent pas aux normes internationales ce qui permet la pullulation de divers déprédateurs. Parmi ces derniers, les nématodes à galles du genre *Meloidogyne sp* considérés comme l'un des importants problèmes phytosanitaires dans ces conditions (SABRI ,2007).

Malgré leur efficacité, l'utilisation régulière des produits chimiques présente des inconvénients. En dehors de leur coût d'application relativement élevé, ils perturbent les équilibres écologiques des milieux traités, polluent l'environnement et les denrées alimentaires, entraînent des effets néfastes sur la santé de l'homme et des animaux, et occasionnent le développement des souches résistantes (LACHER *et al.,* 1997 ; AUBERTOT *et al.,* 2005 ; MULTIGNER *et al.,* 2005).

Pour réduire ces pertes, les chercheurs ont découvert de nouvelles méthodes alternatives de contrôle. Une de ces alternatives utilise des extraits de plantes et qu'elle s'est propagée et entendue par rapport à d'autres méthodes (SCHWAN-ESTRADA et STARGARLIN, 2005).

C'est dans ce contexte que s'est inscrite notre étude qui vise à évaluer l'effet nématicide in vitro des extraits aqueux et éthanoliques de la sauge (*Salvia*

officinalis, Carl Linnaeus en 1753) sur les larves de deuxième stade L2 de nématodes à galles du genre *Meloidogyne.*

Due à la pandémie actuelle de Corona virus (Covid19) qui a touché le monde entier, l'Algérie en particulier depuis le mois de Février 2020, nous n'avons pas pu finaliser notre étude à cause de la fermeture de toutes les infrastructures universitaires suite aux dispositifs de confinement exigés par l'état Algérien, par contre nous avons présenté des résultats des deux autres études qui ont été réalisé dans ce propos pour prouver l'objectif de notre étude.

Nous avons organisé notre travail en quatre chapitres

Chapitre I : présente des données bibliographiques sur les nématodes à galle.

Chapitre II : traite des données bibliographique sur la plante étudiée.

Chapitre III : présente la méthodologie du travail.

Chapitre IV : expose les résultats obtenus des deux autres travaux réalisés et leur discussion.

Partie bibliographique

Chapitre I :
Synthèse bibliographique sur les nématodes à galles

Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les nématodes à galles.

I.1. Histoire et nomenclature

Les *Meloidogyne*, appelés communément « nématodes à galles des racines », « nématodes des racines noueuses » ou « root-knot nematodes » (RKN), représentent un genre de nématodes phytoparasites sédentaires obligatoires. Ces nématodes tirent leur appellation commune du fait qu'ils entraînent sur les racines des plantes parasitées la formation de renflements caractéristiques ou galles, très facilement reconnaissables (SIDDIQUI, 2000).

Le genre *Meloidogyne*, est considéré comme l'un des principaux nématodes phytopathogènes, par la large distribution géographique et la polyphagie (KERSSEN et MOENS, 2005).

Goeldi, 1887 a été le premier à proposer le nom *Meloidogyne* pour un nématode à nœuds racinaires qu'il a trouvé infectant le café au Brésil, il l'a décrit comme *Meloidogyne exigua*, En 1949, Chitwood a rétablie le genre *Meloidogyne* (Goeldi, 1887) pour inclure toutes les espèces de nématodes à galles (CHITWOOD, 1949).

Chitwood, 1949 a adopté *Meloidogyne* pour le nom du genre et a basé sa description de nouvelles espèces sur les comparaisons morphologiques, ces comparaisons ont inclue la forme du stylet et l'emplacement d'ouverture de la glande œsophagienne dorsale (TRIANTOPHYLLO et SASSER, 1960).

C'est en 1928 que la présence de ce nématode a été signalée en Algérie par Delassus dans les régions maraîchères et sur amandier à Tlemcen (SCOTTO LA MASSESSE, 1962). 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» (MOKABLI, 1988 ; SELLAMI *et al .,* 1999 ; NEBIH HADJ-SADOK, 2000) .

Durant l'intervalle entre la découverte initiale de Berkeley du nématode à galles en 1855 et la réédition du genre *Meloidogyne* par Chitwood en 1949, ce groupe de nématodes a subi de nombreux changements de nom. Actuellement, le genre *Meloidogyne* comprend 94 espèces nominales (BRITO *et al.,* 2008).

I.2. Position systématique des nématodes à galle

Vu l'intérêt accordé à ce genre, la systématique de *Meloidogyne* a été plusieurs fois revue .La classification des *Meloidogyne* que nous avons adopté est celle préconisée par KARSSEN et MOENS, (2005).

Phyllum *: Nematoda*
Classe *: Secernentea*
Ordre *: Tylenchida*
Sous ordre *: Tylenchina*
Super famille *: Tylenchoïdea*
Famille *: Heteroderoîdae*
Sous famille *: Meloidogyninae*
Genre *: Meloidogyne* (GOELDI, 1892).

Bien que plus de 90 espèces du genre *Meloidogyne* aient été décrites à ce jour, quatre espèces revêtent une importance économique particulière de la production alimentaire du monde. Il s'agit de *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* et *M. hapla*, qui ont une large gamme d'hôtes (SIKORA et FERNANDEZ, 2005).

I.3. Morphologie des nématodes à galle

Ce sont des vers de taille microscopique, pourvus d'un stylet buccal qui joue un rôle important dans la nutrition (PERRY et MOENS, 2006 ; DABAJ *et al*., 2010). Les *Meloidogyne* sont pourvus aussi d'un système musculaire formé de quatre champs musculaires et d'un système nerveux composé d'un anneau nerveux, de cordons nerveux, d'organes sensoriels tactiles et de chimie-récepteurs (DE GUIRAN et NETSCHER, 1970).

Trois stades (œuf, juvénile et adulte) et quatre formes (Figure 1 et 2) œuf, juvénile, adulte mâle et adulte femelle sont observés au cours du cycle de développement de *Meloidogyne.*

Les œufs en forme d'haricot mesurent 90 µm de long et 40 µm de large (ORTON, 1973). Ils sont pondus dans une masse gélatineuse (DE GUIRAN,

1970) qui sert d'enveloppe protectrice (DEMEURE, 1978). A l'éclosion, ces œufs libèrent des juvéniles de stade 2 qui vont effectuer trois mues avant de devenir adultes (DE GUIRAN et NETSCHER, 1970).

Les juvéniles J2 (figure 1.c) (après la 2ieme mue) sont minces, vermiformes, et d'environ 0,45 mm de long. Leur cavité générale est occupée presque totalement par le système digestif qui comprend la bouche, s'ouvrant à l'extrémité antérieure, l'œsophage, puis l'intestin qui débouche dans le rectum. La bouche contient un stylet creux et protractile (DE GUIRAN et NETSCHER, 1970).

Le stylet et le squelette de la région labiale sont faiblement sclerifiés. La queue est conique avec une partie hyaline prés de son extrémité (HUNT *et al.,* 2005).

Le mâle du *Meloidogyne* (figure 1.a) est filiforme et long de 0,8 à 2 mm. A l'extrémité antérieure s'ouvre la bouche, elle est pourvue d'un stylet de 2 fois la largeur des lèvres, mince avec des boutons. C'est grâce à ce stylet que le nématode se nourrit. Il possède 1 ou 2 testicules débouchant, avec l'intestin, dans un cloaque où se trouvent deux spicules, ou organes copulateurs qui font saillir à l'extérieur (JACOB *et al.,* 1988).

Les femelles sédentaires des *Meloidogyne* (figure 1.b), sont piriformes, de couleur blanche, et mesurant environ 0.40 à 1.30 millimètres de long et 0.27 à 0.75 millimètres de large (AGRIOS, 2005). L'appareil génital comporte une paire de gonades occupées à 60 % par les ovaires, le stylet mince mesure 12 à 15 µn de long (SASSER et CARTER, 1985).

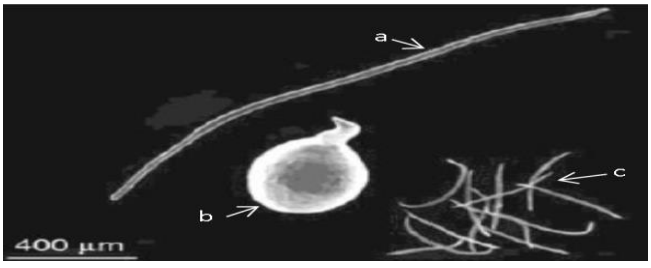


Figure 1 : Différents stades des nématodes à galles vue en microscopie électronique des dimensions de *Meloidogyne spp.*

a : mâle ; b: femelle ; c: larves juvéniles J2 (PERRY *et al.,* 2009).

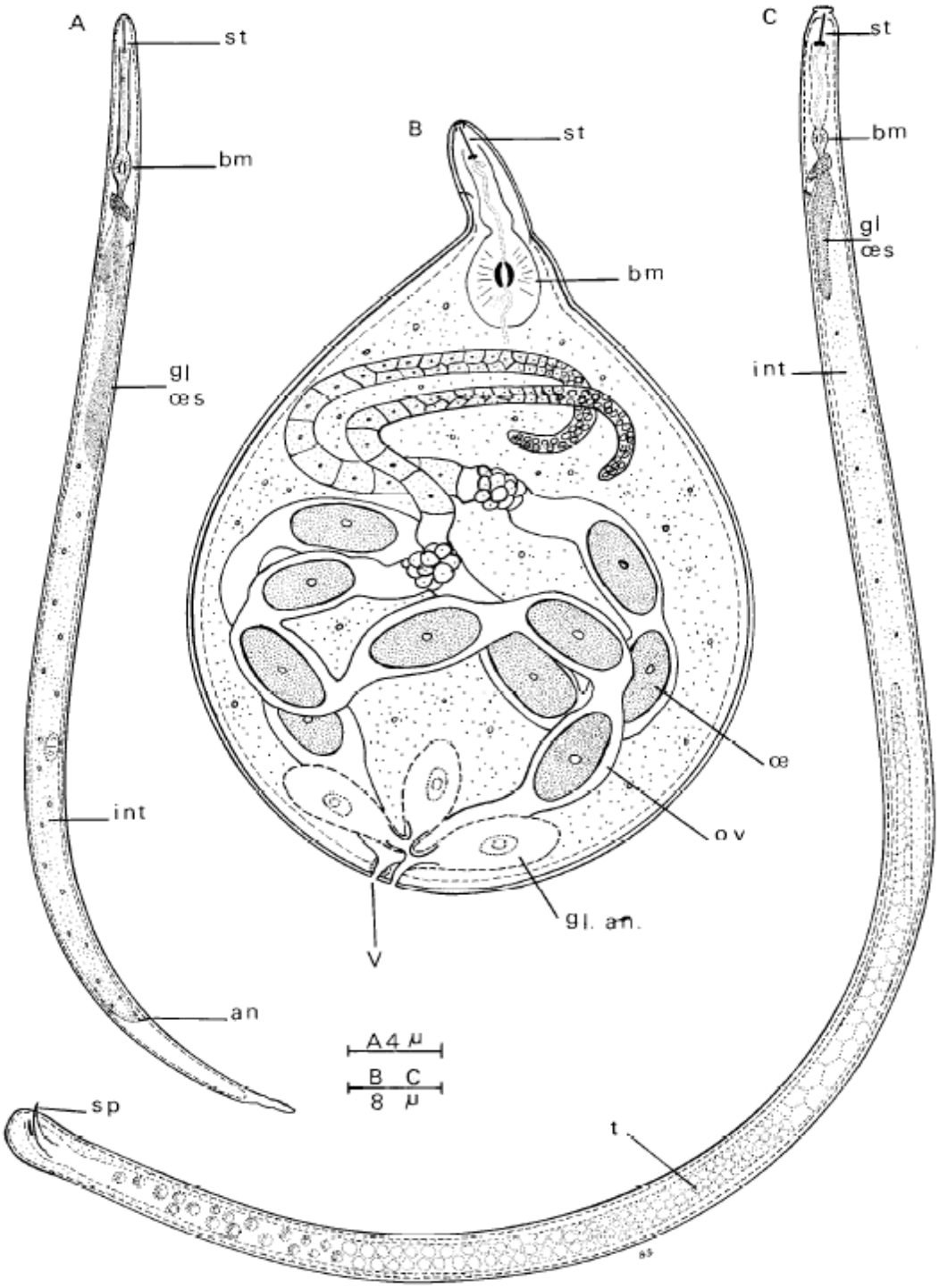


Figure 2 : Morphologie du *Meloidogyne* sp.
(DE GUIRAN et NETSCHER, 1970).

(A) : juvénile de second stade ; (B) : femelle adulte ; (C) : mâle adulte.

an. : anus ; bm. : bulbe médian de l'oesophage ; int. : intestin ; oe. : oeuf ; ov. : ovaire ; sp. : spicules copulateurs ; st. : stylet ; t. : testicules et v. : vulve.

Quelques critères morphologiques permettent de distinguer les différentes espèces les unes des autres comme les ornementations de la partie céphalique par exemple ; illustrée sur les clichés de microscopie électronique en Figure 3 (PERRY *et al.,* 2009). D'autres critères plus précis comme le stylet et son fourreau chez le mâle ou la femelle permettent aussi de les différencier (EISENBACK et TRIANTAPHYLLOU, 1991). Cependant, cette identification nécessite une microscopie de précision ainsi que l'expertise d'un professionnel.

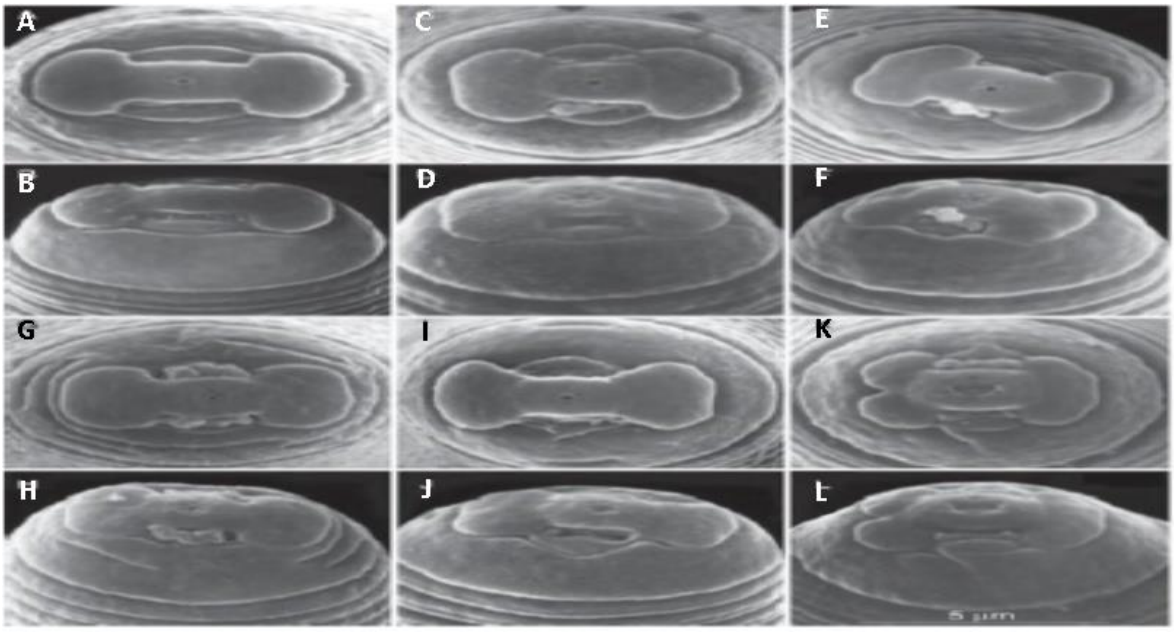


Figure 3: Ornementations de la partie céphalique des *Meloidogyne v*ue de face et vue latérale en microcopie électronique de la partie céphalique de larves juvéniles J2 de plusieurs espèces du genre *Meloidogyne* (PERRY *et al.,* 2009).

A et B : *M. arenaria* ; C et D : *M. exigua* ; E et F : *M. hapla* ; G et H : *M. incognita* ; I et J : *M. javanica* ; K et L : *M. megatyla.*

I.4. Modes de la reproduction

Il existe des modes différents de la reproduction chez les nématodes à galles, incluant l'amphimixie, la sexualité facultative, l'automixie et l'apomixie. Certaines espèces du genre *Meloidogyne* se reproduisent par l'amphimixie obligatoire, telles que *M. carolinensis*, *M. megatyla*, et *M. microtyla* (TRIANtTAPHYLLOU, 1985 ; CHITWOOD et PERRY , 2010). Par contre, *M. incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria* se reproduisent par parthénogenèse mitotique (apomixie) uniquement (TRIANTOPHYLLO, 1966 ; PERRY et

MOENS, 2011). Chez *M. hapla*, il existe des souches qui différent de mode de reproduction, la souche A peut se reproduire soit par amphimixie soit par la parthénogenèse méiotique (automixie), alors que l'apomixie est obligatoire chez la souche B (TRIANTOPHYLLO, 1966; SASSER et CARTER, 1985 ; PERRY et MOENS, 2011).

I.5. Cycle biologique

Les nématodes à galles sont des endoparasites sédentaires, dont le cycle de vie se déroule en deux phases : une phase d'invasion racinaire ou stade larvaire et une phase d'élaboration d'un site nourricier au niveau du cylindre central de la racine (où est véhiculée la sève) permettant l'établissement du parasite (DJIAN-CAPORALINO *et al*., 2009)(figure 5).

La durée de ce cycle est très variable selon les conditions externes (de trois à huit semaines, à 25°C) (BERTRAND, 2001). D'après DE GUIRAN(1971), le cycle total se déroule en trois semaines dans des conditions favorables.

Les femelles adultes des *Meloidogyne spp* pondent des œufs en nombre moyen de 80 à 120 réunie par une substance gélatineuse en une masse (BERTRAND, 2001). A l'éclosion des œufs, le stade J2 va migrer vers une racine et pénétrer à travers le parenchyme cortical jusqu'à la zone de différentiation des tissus vasculaires .C'est à cet endroit que la larve va induire un site nourricier, appelé cellules géantes, et y demeurer pour le reste du cycle (MOLINARI *et al* ., 2014 ; LIU *et al* .,2016).

Les cellules géantes induites sont polynuclées et renferment un cytoplasme très dense dont se nourrit la larve (TRUDGIL, 1997) .C'est à cet endroit que vont avoir lieu les trois mues successives jusqu'au stade adulte. Les femelles restent au niveau du site nourricier et vont enfler et commencer à produire des œufs (Figure 4). La production des œufs commence juste après la dernière mue par contre le mâle reste filiforme et qui quitte les racines pour le sol (BRIDGE et STARR, 2007).



Figure 4 : Masses d'œufs de *Meloidogyne incognita* sur racines de tomate. (ANONYME 1, 2020).

Les œufs libèrent à leur tour, après la première mue qui s'effectue à l'intérieur des œufs, des larves qui gagnent une nouvelle racine et le cycle reprend (RADWALD, 1978).

Le déterminisme sexuel dépend largement des conditions du milieu. Lorsqu'elles sont défavorables, les juvéniles se développent préférentiellement en mâles. Tel est le cas en présence de fortes infestations racinaires (NETSCHER, 1970).

Plusieurs cycles peuvent se succéder en une année et l'infestation peut alors atteindre 100 à 200000 larves par kg de sol, s'étalant sur des profondeurs pouvant être supérieures à 30 cm (DE GUIRAN, 1983).

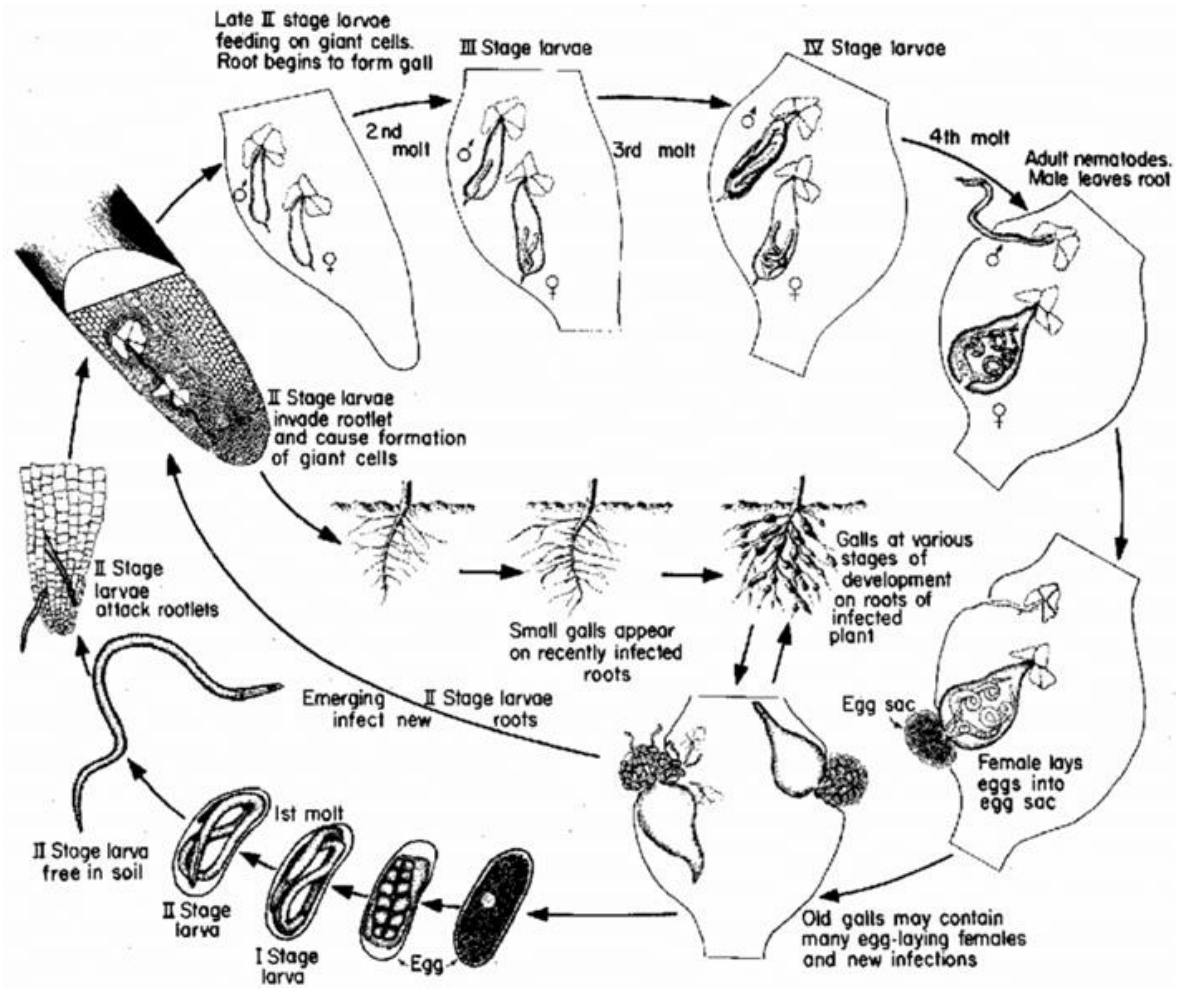


Figure 5: Cycle biologique des nématodes à galles : *Meloidogyne sp.* (AGRIOS, 2005).

I.6. Gamme d'hôtes

Plus de 2000 plantes sont connues pour être sensibles aux nématodes à galles (MUZHANDU *et al.,* 2013 ; GOWEN *et al.,* 2005). Les nématodes à galles affectent de nombreuses espèces végétales telles que les plantes ornementales ligneuses pérennes et les plantations (LEVIN, 2005), les légumes, les cultures et les espèces de mauvaises herbes (GOWEN *et al.,* 2005). Parmi les plantes touchées, on trouve l'aubergine, le poivron, la tomate, la pomme de terre, la carotte, le chou, la canne à sucre, la banane, la patate douce, la pomme de pin, l'épinard et le tabac (JAMES *et al.,* 2010 ; MASSAWE, 2010 ; ONKENDI *et al.,* 2014).

I.7. Distribution et importance économique

Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* constituent un groupe majeur de plantes parasites d'une importance économique mondiale exceptionnelle (JONES *et al.,* 2013).

Les *Meloidogyne* sont extrêmement répandus, on les rencontre dans toute la zone intertropicale et dans les régions tempérées chaudes (EDONGALI *et al*., 1982).

Leurs répartitions à l'échelle mondiale sur un large éventail de conditions climatiques, tropicales, subtropicales et tempérées, ainsi que le fait qu'ils infectent presque toutes les espèces végétales (monocotylédones, dicotylédones, herbacées ainsi que les plantes ligneuses) entraînent des pertes considérables de rendement et de qualité des cultures (MOENS *et al.,* 2009).

Diverses espèces de *Meloidogyne* sont distribuées dans le monde entier, certaines dans les régions tropicales et d'autres dans les régions tempérées*. M. chitwoodi, M. fallax* et *M. hapla* sont prédominantes dans les régions tempérées froides tandis que M. *arenaria*, *M.incognita* et *M. javanica* sont plus fréquents dans les régions tempérées chaudes, tropicales et subtropicales du monde (PERRY *et al*., 2009) (figure 6).

En Algérie, l'étude de l'état d'infestation des serres dans 9 wilayas (Tipaza , Alger, Blida ,Boumerdes ,Ain Defla, Chlef ,Ghilizane ,Tizi Ouzou, Ourgla) montre que sur 1977 serres étudiées, 57,66% sont infestées par les *Meloidogyne*, mais ce taux d'infestation diffère d'une région à une autre, il est plus élevé au littoral que dans la plaine (MOKABLI, 1988).

Une récente étude de TEBIB en 2006 a permis, à travers une prospection sur la culture de tomate, de mettre en évidence la répartition de l'infestation par les *Meloidogyne*, sur le transect Boumerdes, Alger et Tipaza en prenant en considération les conditions agronomiques entourant cette culture dans les régions prospectées, les taux d'infestations enregistrées : Alger (63,33 %), à Tipaza (25 %) et à Boumerdes un taux d'infestation égale à 1,66 %.

A l'échelle des trois wilayas, l'infestation a été décelée dans 54 parcelles parmi

180 exploitations examinées, soit un taux d'infestation de 30 %.

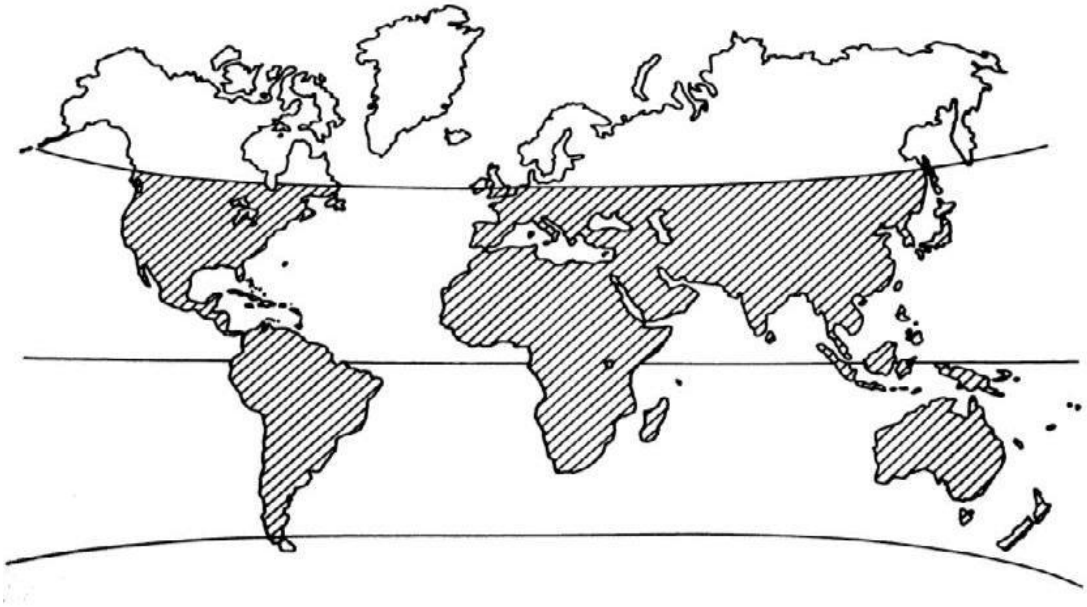


Figure 6: Distribution mondiale des nématodes à galles (CABI, 2002).

I.8. Symptômes et dégâts

Les symptômes liés aux attaques de *Meloidogyne spp.* se développent souvent lentement, elles sont généralement plus facilement reconnaissables et aisées à remarquer du fait de la production caractéristique de galles (VILLAIN *et al*., 2002).

I.8.1. Symptômes sur la partie souterraine

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

Les galles causées par la *Meloidogyne hapla* sont beaucoup plus petites que celles causées par d'autres espèces. Elles endommagent les tissus vasculaires des racines et entravent ainsi le mouvement normal de l'eau et des nutriments à travers la plante. Elles augmentent également la vulnérabilité du système racinaire à l'envahissement par les champignons et les bactéries pathogènes (RAHMAN, 2003). OLSEN, (2000) a déclaré que les galles sont faciles à

identifier, mais pour que le RKN soit déterminé, elles sont trop petites et doivent être identifiées au microscope (Figure 7).

I.8.2. Symptômes sur la partie aérienne

Les symptômes ne sont pas spécifiques sur la partie aérienne de la plante et se traduisent par un ralentissement de la croissance et une diminution de vigueur du végétal ainsi qu'une déficience généralisée due à l'action du pathogène comme on peut observer un flétrissement et un jaunissement des feuilles et par la suite la floraison et la fructification se réduisent et la production chute (STOLL, 2002 ; CASTILLO *et al.*, 2006).

En outre, les plantes malades peuvent également présenter des symptômes de carences en azote, en potassium ou en phosphore, même si les niveaux adéquats de ces minéraux sont dans le sol. Pendant la température chaude de jour, les plantes infectées flétrissent et se rétablissent la nuit (TISSERAT, 2006). (Figure 8).

Au champ : les symptômes sont caractérisés par la présence de « plages » dans les parcelles infestées représentant les foyers de regroupement des *Meloidogyne* (Figure 9).



Figure 7 : Galles de meloidogynes sur la racine de tomate (ANONYME 2,2017)



Figure 8 : Arbre à café (*Coffea arabica*) affecté par le nématode de galle *(Meloidogyne konaensis*). (ANONYME 3, 2002)



Figure 9 : Attaque de nématode à galles (*Meloidogyne* spp.) sur cultures de melons en plein champ (DJIAN-CAPORALINO *et al.,* 2009).

I.8.3. Dégâts

Les nématodes phytoparasites sont d'une importance considérable et leurs effets nocifs sur les cultures ont de grands effets économiques et sociaux (NICOL *et al.,* 2011).

En outre, par les lésions qu'ils provoquent, ces nématodes entraînent des infestations secondaires d'autres pathogènes fongiques ou bactériens (*ex : Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Fusarium*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*). Les problèmes phytoparasites causés par les *Meloidogyne* se révèlent de plus en plus préoccupants et peuvent devenir dramatiques dans les années à venir (DJIAN-CAPORALINO *et al.,* 2009).

Ainsi, selon WESEMAEL *et al*. (2006), des dégâts importants causés par les *Meloidogyne* dans les conditions de plein champ sont observés à une densité initiale de 5 à 10 larves par gramme de sol sur tomate. Sur cette même culture, VAN DAMME *et al* (2005) rapportent qu'une densité de 25 larves /cm3 de sol peut causer des pertes considérables.

En Algérie, Plusieurs travaux ont montré l'importance des infestations des cultures maraichères par le genre *Meloidogyne*, aussi bien dans zones du littoral, avec des pourcentages d'infestations allant de 49 à 100 % (MOKABLI, 1988 ; SELLAMI *et al .,*1999 ; NEBIH HADJ-SADOK., 2000), que dans les zones sahariennes (IGHILLI , 1986 ; NADJI, 1988).

I.9. Les facteurs influents sur le développement des nématodes à galle

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

Ainsi à une température de 27 °C, la durée du cycle est de 25 jours et de 87 jours à une température de 16,5 °C, il peut y avoir plusieurs générations par an (JONES *et al*., 2013). une température inférieure à 10 °C est fatale pour *M. javanica* (KHAN *et al.,* 2012).

L'humidité est également l'un des principaux facteurs réglant l'activité des nématodes, l'éclosion des œufs est inhibée par la sécheresse du sol et sa saturation en eau. En effet dans un sol saturé d'eau, la baisse de concentration en oxygène peut induire une forme de quiescence des larves (DE GUIRAN; 1971). Les larves sont actives dans un sol ayant un taux d'humidité de 40% à 60% (REDDY, 1983).

Les nématodes favorisent les sols sableux, surtout les sables fins, qui ont une faible capacité de rétention d'eau (DALE et NEILSON, 2006). La sévérité des attaques des *Meloidogyne* varie avec le type de sol, généralement ce genre se trouve dans plusieurs types de sol et les dégâts sont plus accentués en sols sableux (FERRIS et VAN-GANDY, 1979), pauvres en matière organique et en ammonium NH3 (KORAYEM, 2003). Une trop grande quantité de sols fertilisés peut également affecter l'activité des nématodes, car ils augmentent la charge électrique du sol (KHAN *et al.,* 2012).

L'éclosion des œufs de *M. javanica* est maximale à un pH variant entre 6,4 et 7 et inhibée à un pH de 5,2.

Enfin, de nombreux autres facteurs peuvent influencer les *Meloidogyne* comme la lumière, la plante hôte, son âge et son état nutritif. la sensibilité de l'hôte, la male nutrition de ce dernier et l'âge de la plante augmentent les dégâts occasionnés par les *Meloidogyne* (WESEMAEL *et al*., 2006).

I.10. La lutte contre les *Meloidogyne*

D'après FOURY (1995), les moyens de lutte ont pour objectif soit d'agir directement sur les parasites et les ennemis présents dans le sol, soit de ralentir la ré-infestation, ou d'intervenir sur la plante hôte.

I.10.1.Les méthodes génétiques

Il existe de nombreuses sources de résistances aux nématodes au sein des populations végétales sauvages, qui peuvent être introgressées aux variétés sensibles. C'est le cas chez la tomate (*Solanum lycopersicum*) pour laquelle le gène de résistance *Mi-1* a été introduit chez des variétés commerciales sensibles à partir d'une espèce sauvage de tomate (*Solanum pervuvianum*). Ce gène de résistance confère une résistance aux trois principales espèces de nématodes phytoparasites du genre *Meliodogyne* (*M. incognita*, *M arenaria* et *M. javanica*). Cependant, le contournement de la résistance reste un facteur limitant à l'utilisation de la lutte génétique (BARBARY, 2014).

I.10.2. La méthode chimique

Les produits chimiques utilisés pour lutter contre les nématodes peuvent être divisés en trois types : nématicides non fumigants, nématicides fumigants et fumigants polyvalents (NOLING, 2012).

Les nématicides non fumigants doivent être uniformément répartis dans le sol de manière à entrer facilement en contact avec le nématode. Cependant, les nématicides non fumigants nécessitent l'utilisation intégrée d'autres produits chimiques antiparasitaires pour gérer les mauvaises herbes, les insectes et les ravageurs (NOLING, 2009).

Selon (NOLING, 2009), l'utilisation de fumigants de sol a été plus efficace que les non-fumigants pour la lutte contre les nématodes à galles en Floride.

Actuellement, les nématicides (particulièrement les fumigants) font l'objet de nombreuses restrictions (Selon le Protocole de Montréal) (BESRI, 2009). De ce fait, il apparaît nécessaire de développer d'autres méthodes de lutte alternative

respectueuse de l'environnement.

I.10.3. La méthode biologique

Le concept de la lutte biologique sous sa forme « scientifique » contre les ravageurs est connu pratiquement depuis plus d'un siècle. Pendant cette période, des efforts considérables ont été réalisés pour développer cette méthode de la lutte contre les ravageurs (HOFFMANN *et al.,* 1994) .Elle consiste à utiliser un organisme vivant pour réduire l'importance d'un autre organisme considéré comme nuisible (HAJEK , 2004 ; VAN LENTEREN, 2012). Elle est considérée comme l'approche la plus économique et la plus sécuritaire sur le plan environnemental pour lutter contre les ravageurs.

I.10.3.1. Biopesticides

Dans le domaine de l'agriculture, les biopesticides pourraient être définis de la manière suivante : « Organismes vivants ou produits issus de ces organismes ayant la particularité de limiter ou de supprimer les ennemis des cultures. » (THAKORE, 2006). Ils sont efficaces en petites quantités et se décomposent rapidement sans engendrer des effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement (DAMALAS et KOUTROUBAS, 2018).

Les produits considérés comme des biopesticides par les agences de règlementation européennes et mondiales sont d'origines diverses. Ils peuvent être classés en trois grandes catégories, selon leur nature : les biopesticides microbiens, les biopesticides animaux et les biopesticides végétaux (CHANDLER *et al.,* 2011 ; LENG et *al.,* 2011).

I.10.3.1.1. Biopesticides microbiens

Cette catégorie de biopesticides comprend les microorganismes entomopathogènes y compris les bactéries, les champignons, les oomycètes, les virus et les protozoaires (SENTHIL-NATHAN, 2015).

- **Les bactéries**

Les biopesticides, à base de bactéries représentent la majorité des biopesticides microbiens (SHORESH *et al.,* 2010). Selon STARNES *et al*.,

(1993), plus d'une centaine de bactéries ont été identifiées comme ayant un potentiel d'utilisation en lutte biologique. Ces bactéries appartiennent essentiellement à trois grandes familles qui sont les *Bacillaceae*, les *Enterobacteriaceae*, et les *Pseudomonaceae*. A l'heure actuelle, *Pasteuria penetrans* est l'espèce qui fait l'objet d'études de plus en plus poussées (DJIAN-CAPORALINO et PANCHAUD-MATTEI, 2002).

Pasteuria penetrans est un parasite bactérien des nématodes à galles et peut réduire leurs nombres dans certains systèmes de culture (TRUDGILL *et al.,* 2000). L'efficacité de *P. penetrans* dépend fortement des concentrations d'endospore et se manifeste au niveau de pénétration des racines par J2 et aussi dans la perte de fécondité du nématode (KARIUKI *et al.,* 2006). Cependant, la multiplication élevée des nématodes à galles sur de nombreux légumes ne permet à la population de *P. penetrans* de suivre l'abondance de l'hôte (nématode) (VAN DER PUTTEN *et al.,* 2006).

D'autres rhizobactères influent sur les nématodes à galles en colonisant l'intérieur de la galle et peuvent présenter de bons agents de bio contrôle (HULLMANN *et al*., 2000). L'utilisation des souches de *Pseudomonas aeruginosa* et *Bacillus subtilis* comme enrobage de semence ou au sol, diminue la densité des populations des nématodes à galles sous serre et en plein champ (SIDDIQUI *et al*., 2001).

- **Les champignons**

Parmi les microorganismes utilisés en lutte biologique, il existe plus de 700 espèces de champignons entomopathogène, Ils appartiennent aux phylums suivants : Chytridiomycota, Zygomycota, Oomycota, Ascomycota et Deuteromycota (MURILLO-ALONSO *et al*., 2019).

Des différents types des champignons utilisés en lutte contre les nématodes phytoparasites ont été décrits tels que les Champignons nématophages : ils peuvent être prédateurs ou endoparasites.

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

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

Les travaux de SINGH *et al*. (2007) ont montré que l'application au sol des hyphomycètes prédateurs *Arthrobotrys dactyloides* et *Dactylaria bronchopaga*, réduit le nombre de galles de *Meloidogyne* sur les racines de 86%, les femelles, les œufs et les juvéniles de 94%, par apport au sol non traités avec ces champignons. Ces champignons produisent des anneaux constricteurs qui piègent les juvéniles infectieuses des nématodes à galles.

Les champignons endoparasites : parmi eux nous citons : les *hyphomycètes* du genre *Hirsutella* offrent un bon potentiel dans la lutte biologique. Ainsi, une application au sol de *Hirsutella minnesotensis* sur culture de tomate sous serre réduit la densité des populations de *Meloidogyne hapla* d'environ 83% (SEVILHAN *et al*., 2007).

- **Les virus**

Outre les bactéries et les champignons, certains virus présentent des activités contre les bioagresseurs. Les Baculoviridae sont des virus à double brins d'ADN circulaire, ayant un génome compris entre 100 et 180 kb, protégés par une paroi protéique. Ils infectent les arthropodes insectes ou larves. Ils représentent un faible risque sanitaire car aucun virus similaire n'a, à l'heure actuelle, été répertorié dans l'infection des vertébrés ou des plantes. Cette propriété les rend particulièrement intéressants pour une utilisation en qualité de bio-insecticide, d'autant plus qu'ils peuvent tuer leur hôte en quelques jours (CHEN *et al*., 2002).

I.10.3.1.2. Biopesticides animaux

Les biopesticides d'origine animale sont des animaux comme les parasites, ou des molécules dérivées d'animaux, souvent d'invertébrés comme les venins d'araignées. Ce type des pesticides biologiques sont des substances produits par un organisme et qui changent le comportement d'individus de la

même espèce ou d'espèces différentes. En effet, ils ne vont pas provoquer la mort des bio-agresseurs, mais plutôt créer une confusion chez ces derniers. Cette confusion les empêchera de se propager dans la zone traitée (DERAVEL et *al*., 2014).

I.10.3.1.3. Biopesticides végétaux

Les biopesticides végétaux qui constituent un groupe important de produits phytosanitaires d'origine naturelle, contiennent des mélanges de substances biologiquement actives, de sorte que les organismes nuisibles et pathogènes ne peuvent développer de résistance (SAXENA, 1983).

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

En effet, les substances actives des plantes nématicides peuvent être exsudées des racines et agir sur les nématodes de différentes manières : soit en inhibant la pénétration des larves dans les racines (cas du Sésame), soit empoisonnant les nématodes (cas de l'Asperge). Elles peuvent être déjà présentes dans les tissus au niveau des tiges, feuilles, fleurs, graines ou racines de et agir soit en empoisonnant la larve dès sa pénétration dans la plante (cas de l'Arachide), soit en bloquant son développement et sa multiplication (cas du Ricin) (CAYROL *et al*., 1992).

Le pouvoir biocide des extraits aqueux des espèces végétales varie significativement en fonction de l'organe utilisé. En effet, les extraits aqueux issus des feuilles ont dévoilé une toxicité plus élevée par rapport aux extraits préparés à partir des racines.

Les effets des extraits de plantes sur les micro-organismes ont été étudiés par un très grand nombre de chercheurs dans différents pays du monde. Les produits naturels semblent fournir une solution viable aux problèmes provoqués par les nématodes. Actuellement, le recours aux extraits aqueux s'avère être un

choix pertinent face au risque de contamination de l'environnement et à la nécessité de réduire ou de remplacer les produits chimiques. Pour cela, plusieurs 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* (ISMAN, 2002).

Une étude marocaine réalisée par ECHCHGADDA *et al* en (2010), a démontré le potentiel nématicide des extraits éthanoliques, méthanoliques et de l'huile essentielle de *Thymus zygis* (Loefl). En effet, le pourcentage de mortalité le plus élevé est celui de l'huile essentielle de *T. zygis* avec 69.7% après 72 heures à une concentration de 100ppm , cela peut être attribué à sa forte teneur en carvacrol et en thymol. En effet, ces deux composé ont été signalé être responsables de la toxicité contre M. javanica (OKA *et al.,* 2000) ; *In vivo* ces mêmes extraits ont montré une diminution des populations des *Meloidogyne* dans les racines le sol et l'indice de galles) (ECHCHGADDA *et al*., 2010).

En Algérie, L'étude de MADJAHED S en (2009) , a mis en évidence l'effet bionematicide des extraits aqueux de quelques brassicacées cultivées et spontanées (*Sinapis arvensis*, *Raphanus raphanistrum*, *Brassica oleracea, Brassica napus* et *Raphanus sativus*) sur la mortalité des larves et le potentiel d'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita dont les résultats obtenue ont enregistré* un taux élevé de mortalité des larves et une inhibition importante de l'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita* à l'égard des extraits testés. Cette toxicité est attribuée essentiellement à leur richesse en glucosinolates et leurs métabolites secondaires : les isothiocyanates.

SELLAMI *et al*., (2009) mentionnent l'efficacité des huiles essentielles d'*Origanum glandulosum* D*esf.* , *Artemisia herba alba* Asso. et *Salvia officinalis* L. sur la mortalité des larves et le potentiel d'éclosion des œufs de *M. incognita*. Ces mêmes auteurs attribuent cette toxicité à la richesse en tanins, en saponosides, en alcaloïdes et en flavonoïdes, présents dans les feuilles de ces plantes et mis en évidence par les tests phytochimiques .

L'effet nématicide de *Taxus baccata* évalué dans le contrôle la mortalité de *Meloidogyne spp a enregistré* des résultats positifs et concluants sur la mortalité de *Meloidogyne spp.,* pour les deux extrait (méthanolique et aqueux) de *cette plante* qui a un effet remarquable sur le développement des *Meloidogyne spp (*DAHAM et TCHAKMAKDJI ,2019) .

Autre étude a permis de mettre en évidence l'efficacité des huiles essentielles de trois plantes (*Origanum glandulosum*, *Salvia officinalis* et *Artemisia herba alba*) sur la mortalité des larves, le potentiel d'éclosion des œufs *in vitro* d'une part et sur le développement des larves de *Meloidogyne incognita in vivo* d'autre part. En revanche, cette activité dépend de la nature de l'huile, du temps d'exposition et de la concentration, l'efficacité de ces huiles est probablement attribuée à leur richesse en flavonoïdes, en terpènes et en alcaloïdes (MERZARKET ,2008).

Selon les travaux de DJERROUDI *et al* en (2011), la possibilité de lutte contre les nématodes du genre *Meloidogyne sp* a été testée en utilisant les extraits aqueux de quatre plantes cultivées et spontanées à vertus nématicides. *Punica granatum* (Punicaceae), *Arachis hypogaea* (Fabaceae) et *Lawsonia inermis* (Lythraceae) et d'autres spontanées telles que *Nerium oleander* (Apocynaceae) ,les résultats obtenues montrent que ces dernières peuvent être considérées comme plantes à vertus nématicides du fait qu'elles ont permis un taux de mortalité et d'inhibition de l'éclosion très appréciable de *Meloidogyne sp* ,cette mortalité est probablement due aux composés toxiques qui existent au niveau de ces plantes .La toxicité varie significativement selon l'espèce végétale, la concentration de l'extrait et le temps d'exposition pour les larves (L2) de *Meloidogyne*.

I.10.4. La lutte intégrée

Un seul moyen de lutte reste insuffisant pour réduire les populations et les dégâts causés par les *Meloidogyne.* La stratégie de lutte intégrée paraît par conséquent la meilleure solution, plusieurs auteurs suggèrent des programmes de lutte intégrée appliqués comme suit pourrait être efficace :

- L'incorporation d'amendements organiques au sol avec la solarisation du sol permet une réduction significative des populations de *M. incognita* et *M. javanica* (OKA, 2010).
- L'utilisation du nématicide : Vydate (24%), du champignon : *Trichoderma harzianum* Pers. et *Bacillus thuringiensis* réduisent l'infection due aux *Meloidogyne*. Cependant, l'efficacité est plus importante quand les trois traitements sont associés en traitement préventif (AMI et AYOUB, 2009).

Enfin, ces systèmes permettent d'assurer une réduction plus durable et plus efficace des effectifs des nématodes et contribuent à réduire les risques associés à l'utilisation des nématicides.

Chapitre II :

Synthèse bibliographique sur la sauge officinale

(Salvia officinalis)

Chapitre II : Synthèse bibliographique sur la sauge officinale (*Salvia officinalis*)

II.1. Introduction

La sauge officinale (*Salvia officinalis L.*) est une plante médicinale largement cultivée pour son importance économique et sa grande teneur en composés bioactifs (TOSUN *et al,* 2014). Son nom est déjà une sorte de diplôme d'efficacité puisque *Salvia* vient du salvare qui signifie « sauver », « guérir » (DUKE *et al .*,2002).

Elle est une plante annuelle et biannuelle d'origine méditerranéenne (DJERROUMI et NACEF, 2013). Avec plus de 900 espèces, la sauge est le genre le plus répandu dans la famille des lamiacées (HOHMANN *et al*., 2003 ; KAMATOU *et al*., 2005 ; RABBANI *et al*., 2005).Très populaire et largement cultivée dans plusieurs pays, essentiellement pour obtenir des feuilles sèches pour les utiliser comme matière première en pharmacie et en industrie alimentaire (SANTOS-GOMES *et al*., 2002).

La sauge est l'une des herbes les plus appréciés pour son huile essentielle riche et des ses composés biologiquement actifs largement utilisés en différents domaines (PENSO, 1983).

En Algérie, les espèces qui ont été déterminées sont dans l'ordre d'une trentaine (MAKSIMOVIC *et al.,* 2007).

Plusieurs appellations ont été données à la sauge. Selon Ibn el Beytar, les andalous la Nomment « essalma » qui ajoute qu'elle est appelée « salbia » par les botanistes en Espagne. El Djazairi indique l'expression «souek ennebi» (MADI, 2009).

II.2. Position systématique

La classification botanique de *Salvia officinalis* L. selon GAUSSEN *et al*. (1982) est :

Règne :	Végétal
Embranchement :	Spermaphytes
Sous embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous classe :	Astéridées
Ordre :	Lamiales
Famille :	Lamiacées, labiées
Genre :	*Salvia*
Espèce :	*Salvia officinalis* L.

II.3. Description morphologique

C'est une plante annuelle et vivace appartient à la famille de Labiées (GOUTIER, 2009). Elle forme un petit Sous-arbrisseau buissonnant et persistant, formant une touffe ligneuse pouvant atteindre jusqu'à 80 cm de haut et dont les tiges émettent de nombreux rameaux dressés, quadrangulaires et laineux, présentant des nœuds saillants sur lesquels sont insérées les feuilles (EBERHARD *et al*., 2005)(Figure 10).



Figure 10 : La sauge (*Salvia officinalis* L.) (MEGUENI et BOUSFIA, 2019).

➢ **Les feuilles** opposées, elliptiques, inférieures pétiolées, ovales, rugueuses, épaisses, à bord dentelé, réticulées, pubescentes-grisâtres ou vertes, à dessus blanchâtre, finement crénelées. Elles persistent pendant l'hiver

grâce au revêtement de poils laineux qui les protège (HANS *et al*., 2007). Les feuilles ont une odeur aromatique caractéristique (LACOSTE, 2006 ; FLEURENTIN, 2008) (Figure 11).

➢ **Les fleurs** de la sauge officinale sont bleu-violacé en épis terminaux lâches, disposées par 3 à 6 en verticilles espacés et visibles de Mai à Aout. Elles sont grandes, groupées à la base des feuilles supérieures (BUSSER, 1997) (Figure 12).

➢ **Les fruits** sont des tétrakènes sphériques, de couleur brun foncé à noir (TALEB, 2015).Ont une odeur aromatique caractéristique (FLEURENTIN, 2008) (Figure 13)



Figure 11: Feuilles de *S. officinalis* (DAHMANI et DAHMANI ,2017).



Figure 12: Les fleurs de *S. officinalis* (ANONYME 4,2003).



Figure 13: Les graines de *S.officinalis* (ANONYME 5, 2017).

II.4. Origine et répartition géographique

L'espèce est naturalisée dans le nord et le centre de l'Espagne, dans le sud de la France, à l'ouest des Balkans, en Europe centrale et méridionale ainsi qu'au Proche-Orient (EBERHARD *et al*., 2005). La sauge est typiquement une plante méditerranéenne (MILADINOVIĆ et MILADINOVIĆ, 2000 ; AVATO *et al*., 2005). Elle préfère les terrains chauds et calcaires. Elle croit de manière spontanée et en culture de long de tout le bassin méditerranéen, depuis l'Espagne jusqu'a la Turquie, et dans le nord de l'Afrique. Cette plante est assez commune en Algérie (cultivée) (BABA AISSA, 2000). Ce genre est distribué dans trois régions principales dans le monde:530 espèces à l'Amérique centrale et latine, 250 espèces en Asie centrale et en régions méditerranéennes, 30 en Afrique du Sud et 90 espèces en Asie de l'Est (figure 14) (WALKER *et al.,* 2004).

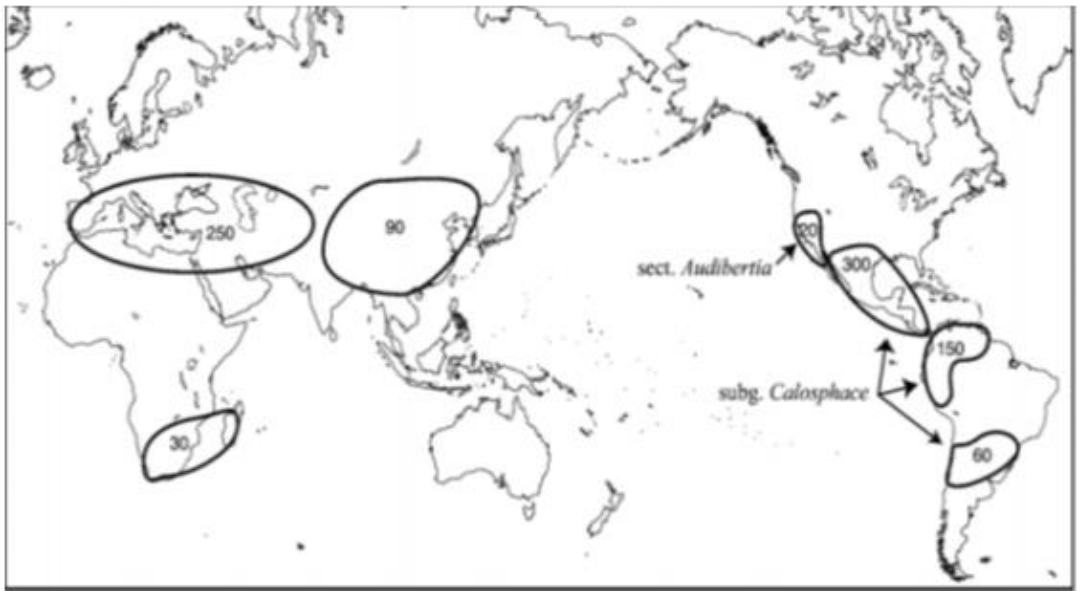


Figure 14 : Répartition géographique du genre *Salvia* dans le monde. (WALKER *et al.,* 2004).

II.5. Ecophysiologie

La sauge est cultivable jusqu'à 1800m d'altitude ; elle supporte des climats et des sols très variés, au pH allant de 5 à 9. Le plant adulte résiste à la température de -10°C, mais il est préférable de pailler le jeune plant (GUY GILLY, 2005).

Les semis s'effectuent sous abris en Avril ou en plein terre dans les jardins à partir de Mai ; les graines germent uniquement à l'obscurité (ANONYME 6, 2013).

La récolte des feuilles se fait du printemps à l'automne, aussi fréquemment qu'on le désire, toujours par temps sec pour effectuer un séchage à l'ombre rapide (FRULEUX, 2008-2009) (figure 15).

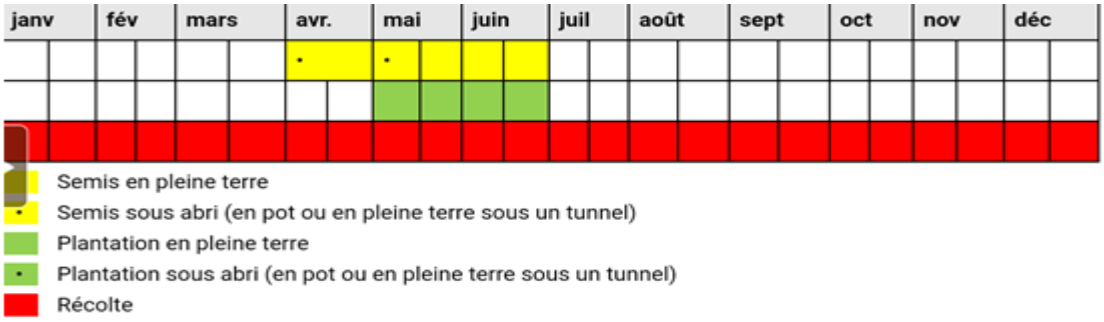


Figure 15: Calendrier de culture de *Salvia officinalis* (ANONYME *6*, 2013).

II.6. Composition chimique

II.6.1. Huile essentielle

L'analyse des extraits de *Salvia officinalis* L. a montré que cette espèce contient environ 1.0 à 2.8 % d'huile essentielle (RADELESCU *et al*., 2004 ; KENNEDY et SCHOLEY, 2005). Les principaux constituants identifiés dans cette huile, par la GC-MS, sont illustrés dans le tableau 01.

Tableau 1 : Composition chimique de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* L. (MILADINOVIĆ et MILADINOVIĆ, 2000).

Constituant	Quantité (%)	Constituant	Quantité (%)
α-thuyéne	0,10	α-thuyone	24,88
α-pinène	3,5	β-thuyone	8,08
camphène	3,14	camphre	16,03
2-β-pinène	0,58	1-bornéole	4,31
β -myrcène	0,59	1,4-terpeniole	0,81
α-terpinène	0,89	Acetate d'endobornyl	2,68
1,8-cinéole	9,79	Caryophyllène	0,82
γ-terpinène	0,15	β-selinène	3,9
veridiflorol	7,87	manool	3,22

II.6.2. Polyphénols de sauge

Les feuilles de sauge sont connues pour leurs propriétés médicinales et ceci revient à leur richesse en polyphénols. *Salvia officinalis* contient l'acide rosmarinique et ses dérivés, et des flavonols (apiginin, luteolin, et leurs dérivés)(LU et YEAP, 2001) (figure 16).

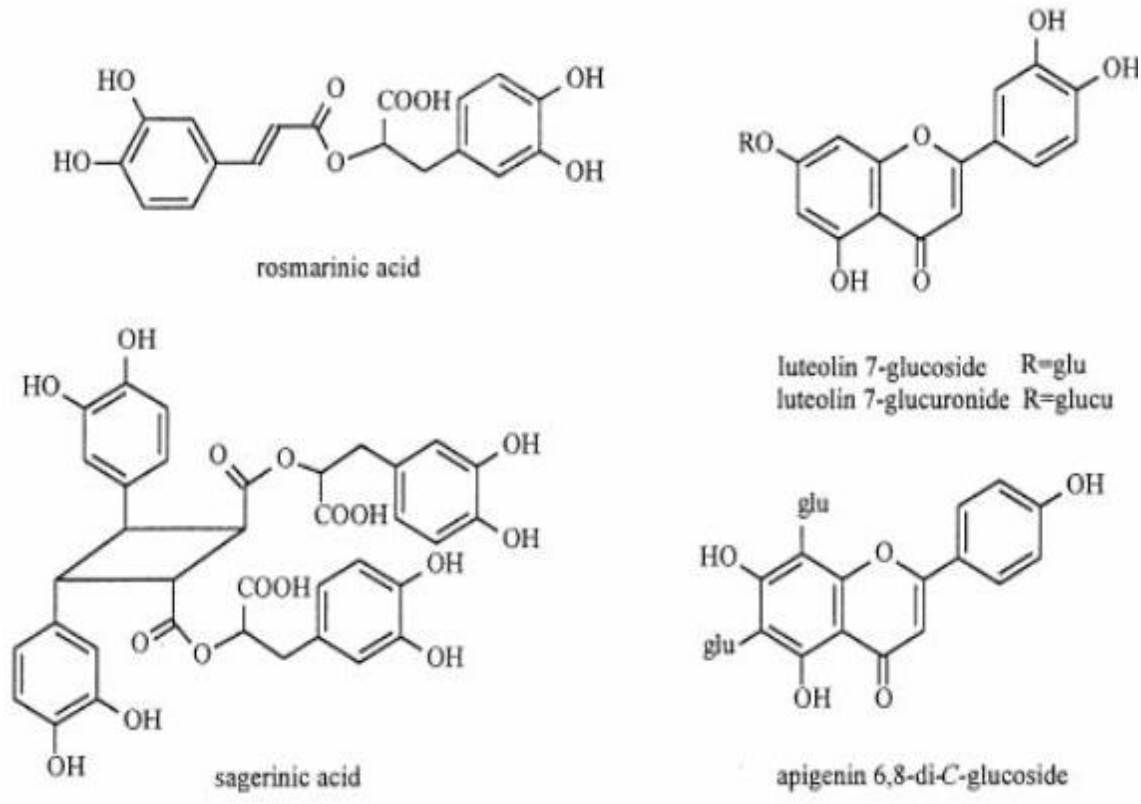


Figure 16 : Structures chimiques des polyphénols de *Salvia officinalis.* (LU et YEAP, 2001).

II.6.3. Polysaccharides et autres constituants

L'analyse de la partie aérienne de *Salvia officinalis* L., par le spectre FT-IR, a décelé des bandes caractérisant la composition de la plante en polysaccharides, en protéines et en lipides (EBRINGEROVA *et al*., 2003 ; CAPEK et HRIBALVÀ, 2004). Les résultats qualitatifs et quantitatifs en ces composés, sont illustrés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Fraction de polysaccharides et autres composés identifiés dans les feuilles de *Salvia officinalis* L. (CAPEK *et al*., 2003).

Constituant identifié	Quantité (%)
La fraction de polysaccharide	
Arabinose	30,4
Galactose	17,9
3-*o*-méthylgalactose	3,0
Glucose	15,5
Mannose	8,3
Xylose	7,6
Fructose	2,6
Rhamnose	6,7
Acides uronique	8,0
Autres	
Groupements methoxyls	1,7
Protéines	9,4
Matières inorganiques	9,8

II.7. Principales propriétés de la sauge

Depuis l'Antiquité cette plante indispensable au jardin, n'a cessé de prouver son efficacité. Le célèbre dicton « qui a de la sauge dans son jardin, n'a pas besoin de médecin » résume à lui seul ses nombreux bienfaits (ANONYME 7 ,2020).

II.7.1. Lutte biologique

La sauge officinale bien répandue dans les jardins, présente des vertus insectifuges contre le ver du choux et fongicides contre le mildiou de la pomme de terre.

En Algérie, SELLAMI *et al*., (2009) mentionnent l'efficacité des huiles essentielles d'*Origanum glandulosum* D*esf*, *Artemisia herba alba* Asso. et *Salvia officinalis* L. sur la mortalité des larves et le potentiel d'éclosion des œufs de *M. incognita*. Ces mêmes auteurs attribuent cette toxicité à la richesse en tanins, en saponosides, en alcaloïdes et en flavonoïdes, présents dans les feuilles de ces plantes et mis en évidence par les tests phytochimiques.

II.7.2. Autres propriétés économiques

Les sauges ont été employées comme des plantes à propriétés médicinales salutaires pendant des milléniums (RADULESCU *et al*., 2004)**.** Elle peut calmer les crises de la maladie d'Alzheimer et a une activité tranquillisante, antiseptique et astringente, régularise le cycle menstruel, la transpiration, les bouffées de chaleur et modifications hormonales (ISERIN ,2001). Pour usage externe, elle est appliquée en gargarisme contre les inflammations de la bouche, les abcès, et aussi pour le nettoyage et la cicatrisation des plaies (DJEROUMI et NACEF, 2004).

Les espèces *Salvia* ont un grand intérêt en cosmétologie, dont les extraits de *S. officinalis* et *S. lavandula efolia* sont largement introduits dans les produits de beauté et les parfums (RADULESCU *et al*., 2004).En domaine culinaire, elle est employée pour son gout puissant, légèrement amer et comphré (DULING, 2007).

Partie expérimentale

Chapitre III :

Matériel et méthodes

Chapitre III : Matériel et méthodes.

Les produits naturels autrement dit les biopesticides, sont de plus en plus recherchés pour une agriculture durable, du fait de l'utilisation sans discernement des pesticides conventionnels de synthèse ayant eu un impact écologique et sanitaire néfaste (AHMAD *et al.,* 2008). Le recours au monde végétal et aux biomolécules qui permettent aux cultures de se protéger contre les ennemis naturels, devient donc indispensable (BEZZAR-BENDJAZIA, 2016).

En raison de circonstances hors de notre porté, la pandémie du Covid 19 qui a touché le monde entier et l'Algérie en particulier nous a présenté un obstacle pour la finalisation de notre étude suite aux séries de dispositifs de confinement ordonnées par l'état Algérien ,cependant et dans le cadre de la réalisation de notre travail, nous avons préparé les extraits aqueux et éthanoliques à base de la plante d'étude (*Salvia officinalis*) in vitro, nous avons également récolté des racines infestées par les nématodes à galles du genre *Meloidogyn*e, et suite à la fermeture du laboratoire pédagogique de science de la faculté SNV de l'université Yahia Farés de la Wilaya de Médéa., l'obtention des larves de *Meloidogyne* ainsi que l'étude de l'effet nématicides des extraits obtenus à partir de la plante d'étude sur ces dernières n'a pas été réalisée .

III.1. Objectif

L'objectif de notre travail est d'évaluer les potentialités nématicides ou nématostatiques *in vitro* des extraits aqueux et extraits éthanoliques de la sauge (*Salvia officinalis*) récoltée dans les deux régions Médéa et Blida sur les larves L2 des nématodes à galles du genre *Meloidogyne.*

III.2. Présentation générale des régions d'études

III.2.1. La Wilaya de Médéa

Est située en pleine région montagneuse, sur un plateau inséré entre l'atlas de BLIDA et le massif de la ville de BERROUAGHIA à une altitude de 600 à 1200 m , d'un Latitude de 36°16′ 2.98″ Nord et un longitude de

2°45′0.37″ Est .D'une superficie de 8.775,65 km², elle est limitée au nord par la wilaya de Blida, à l'est par la wilaya de Bouira et M'sila, au sud par la wilaya de Djelfa et de Tiaret et à l'ouest par la wilaya de Tissemsilt et Ain Defla. MEDEA se caractérise par un climat à faible humidité avec un hiver très froid et un été sec et chaud ; elle est Répartie en 4 zones naturelles: les montagnes, les pleines, les plateaux et les descentes sud (KOUICMI, 2017). La température moyenne annuelle est de 19.7°C et les précipitations sont en moyenne de 672.3 mm (Figure 17).

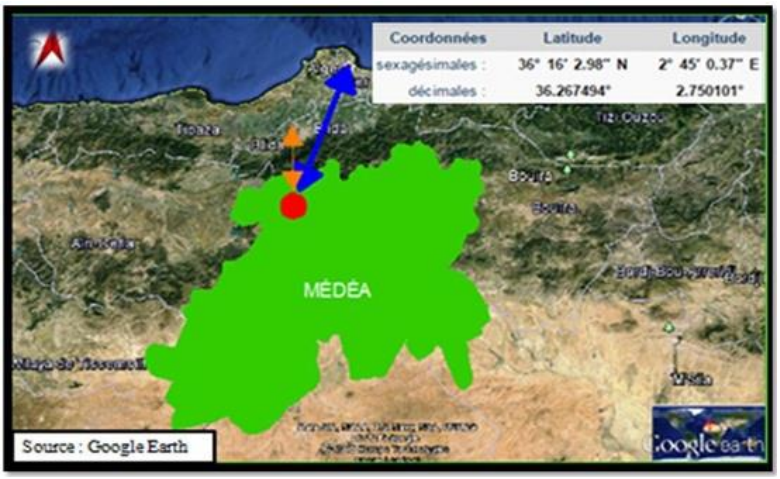


Figure 17 : Situation géographique de la Wilaya de Médéa (GOOGLE EARTH *in* KOUICMI, 2017)

III.2.2. La wilaya de Blida

Se situe dans la partie nord du pays, dans la zone géographique du Tell central. Elle est limitée au nord par la wilaya de Tipaza et la wilaya d'Alger, à l'ouest par la wilaya d'Ain Defla, au sud par la wilaya de Médéa et à l'Est par les wilayas de Boumerdes et de Bouira, Les conditions climatiques sont dans l'ensemble favorables. La pluviométrie est généralement supérieure à 600 mm par an en moyenne. Elle est importante dans l'Atlas. Les précipitations atteignent leur apogée en Décembre, Février, mois qui donnent environ 30 à 40% des précipitations annuelles. Inversement, les mois d'été (juin, août) sont presque toujours secs. Le relief de la wilaya se compose principalement d'une importante plaine (la Mitidja) ainsi que d'une chaîne de montagnes au sud de la wilaya (zone de l'Atlas Blidéen et Piémont) (D.S.P DE BLIDA, 2015).

Elle est d'une altitude de 256 m, une latitude de 36°28′12″ Nord et une longitude de 2°49′39″ Est. La température moyenne à Blida est de 15.9°C et les précipitations sont moyennes de 676.3 mm (Figure 18).

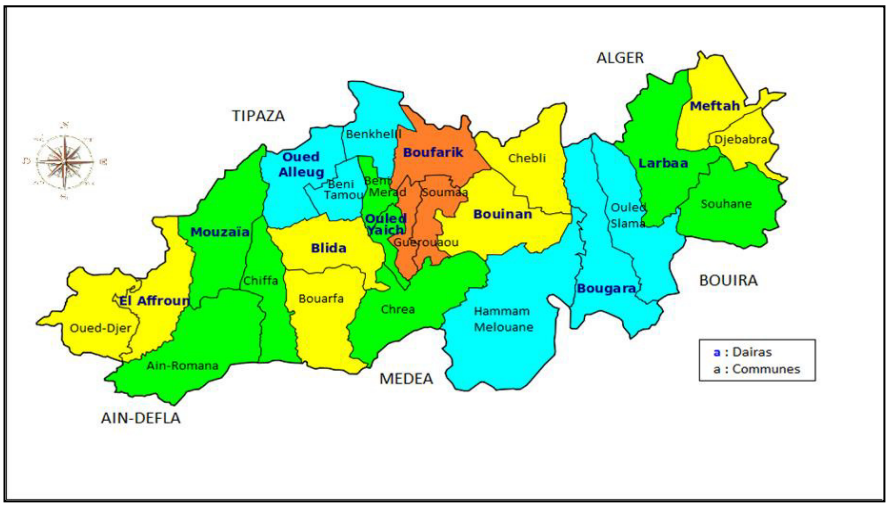


Figure 18 : Situation géographique de la Wilaya de Blida (D.S.P DE BLIDA, 2015).

III.3. Matériel d'étude

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire pédagogique de science de la faculté SNV, université Yahia Farés de la Wilaya de Médéa.

III.3.1. Récolte et conservation de la sauge (*Salvia officinalis*)

Le matériel végétal utilisé est la partie aérienne (les feuilles) de la sauge (*Salvia officinalis)* récoltée dans deux régions différentes, la première région située à la Wilaya de Médéa (au sein de la Mairie ''APC'' de la Wilaya) et le deuxième est la région de Soumâa localisée à la wilaya de Blida, les feuilles ont été récoltées en mois de Janvier à la saison hivernale de l'année 2020 qui a présenté une pluviométrie très rare et une température un peu plus élevée que la normale (Figure 19).



Figure 19 : Feuilles de la sauge récoltées (ORIGINALE 2020)
a : région de Médéa ; b : région de Blida.

Le matériel végétal fraîchement collecté a été nettoyé et séché sur du papier à l'ombre, à température ambiante et dans un endroit sec pendant quelques jours (environ 30 jours) (Laouer et *al*., 2003) (Figure 20).



Figure 20 : Les feuilles de la sauge après séchage (ORIGINALE 2020).

Après séchage le matériel est broyé ensuite tamisé en une poudre fine, puis rangé dans un sac en papier jusqu'au moment de son utilisation (Figure 21).

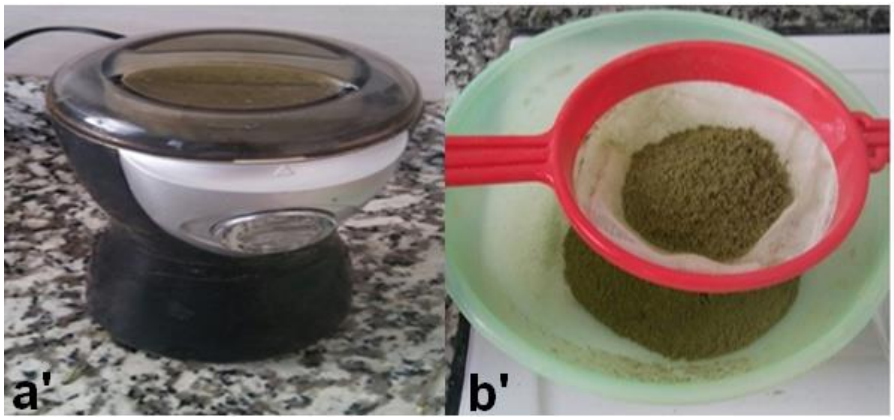


Figure 21 : Broyage et tamisage des feuilles de sauge(ORIGINALE 2020) .

III.3.2. Préparation des extraits

III.3.2.1. Préparation de l'extrait aqueux

La méthode d'extraction utilisée dans notre expérimentation est une macération aqueuse qui admets à réserver la plante en contact avec l'eau à une température ambiante pendant une durée plus ou moins longue, dans le but de faire libérer et extraire tous les composants actifs existants chez la plante à étudier.

La méthode de préparation de l'extrait aqueux est celle décrite par MAHMOUDI *et al* en (2013) en y apportant quelque modification :

Une macération à température ambiante a été effectuée deux fois pendant deux heures et demi où 10 à 30 g de la poudre de la sauge a été additionné à 100 ml d'eau distillé stérile. Après filtration sur un tissu mousseline, les filtrats sont centrifugés pendant 20 minutes à 4000 tours/min. à température ambiante Les homogénats ont été filtrés sur un papier wattman (N°1). Les extraits bruts obtenus ont été ensuite préservés dans des bouteilles en verre stériles entourées par du papier aluminium afin d'éviter toute dégradation des molécules par la lumière puis conservées dans le réfrigérateur à 4°C pour une utilisation ultérieure.

A partir des extraits aqueux obtenus, nous avons choisi de tester la capacité biocide de la sauge à différente dose à savoir :

1. **Dose complète (Dilution D1): Extrait aqueux pur.**
2. **Demi-dose (Dilution D2) : Extrait aqueux pur +eau distillé.**

III.3.2.2. Préparation de l'extrait éthanolique

L'extraction éthanolique a été effectuée avec le même protocole précédent opté pour l'extraction aqueuse, nous avons remplacé seulement les 100 ml de l'eau distillée stérile par 100ml d'éthanol à 70%. Après filtration les extraits bruts obtenus ont été également préservés dans des bouteilles en verre stériles entourées par du papier aluminium afin d'éviter toute dégradation des

molécules par la lumière puis conservées dans le réfrigérateur à 4°C pour une utilisation ultérieure.

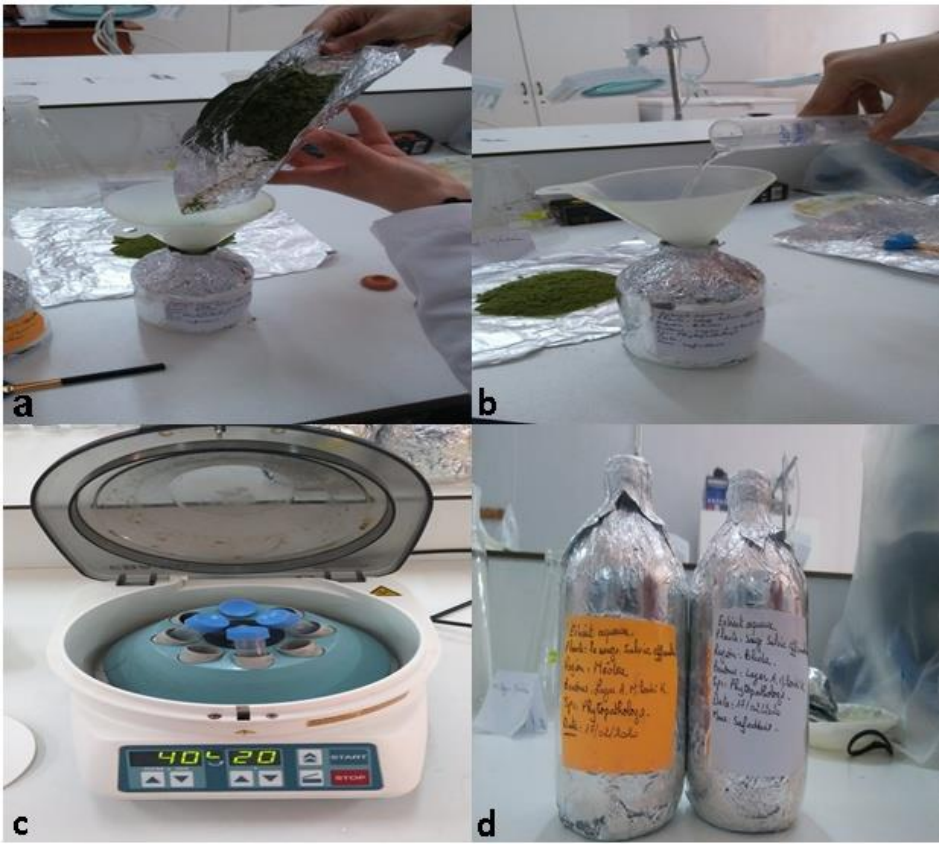


Figure 22 : Extraction aqueuse et éthanolique (ORIGINALE, 2020).
a et b : préparation des macerats ; c : agitation des filtrats ; d : extraits préparés.

III.4. Obtention des Larves de *Meloidogyne*

Cette partie de notre expérimentation n'a pas été réalisée à cause de la fermeture des laboratoires comme mesure de prévention contre la pandémie du Covid-19, cependant nous allons présenter les différentes étapes et la méthode du travail de cette partie afin de généraliser le bénéfice au profit d'autres recherches.

Le matériel biologique que nous devions l'utilisé dans notre expérimentations est le nématode à galle du genre *Meloidogyne*, ce dernier il doit être prélevé à partir des racines infestées par les nématodes à galles. Une fois ramenées au laboratoire, les racines doivent être nettoyées de tout le sol restant, puis trompées dans un cristallisoir pendant 24h afin de faciliter

l'extraction des masses d'œufs (fig.23.a). Le lendemain, on mit les racines dans des boîtes de pétri sous une loupe binoculaire (GrX10) et (GrX25) se fait l'extraction des masses d'œufs (fig.23.b).

L'extraction des masses se fait à l'aide des aiguilles entomologiques (fig.23.c).puis on dépose ces masses dans les éclosoirs, chaque un contient une vingtaine de masses (fig.23.d) Les éclosoirs sont mis dans des boites de Pétri en remplissant ces derniers avec de l'eau du robinet, puis disposés dans un endroit sec à température ambiante en attendant l'éclosion (fig.23.e). L'eau contenant des larves est collectée quotidiennement dans des tubes à essai puis observée à l'aide d'une loupe (Gr X 25 ; Gr X 40).Les larves ensuite sont aspirées à l'aide d'une micro-seringue (fig.23.f.). Cela est résumé dans la figure suivante (fig.23).

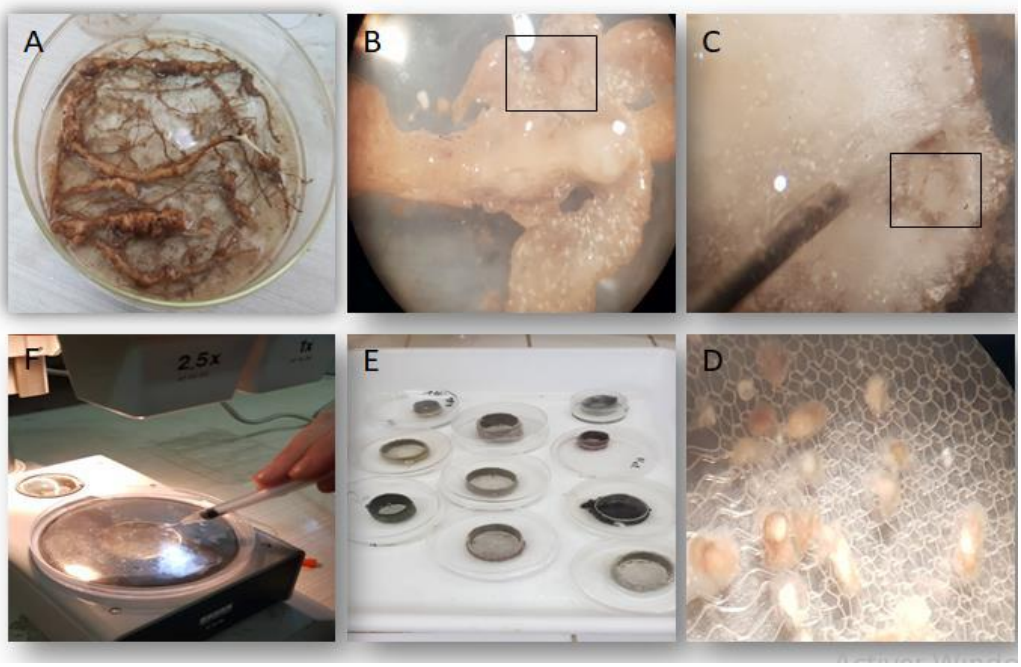


Figure 23 : Méthode d'extraction des larves de *Meloidogyne spp*. (STAMBOULI *et al*, 2019).

III.5. Dispositif expérimental des essais

III.5.1. Effet des extraits sur la mobilité et la viabilité des juvéniles

La réalisation des tests doit se faire dans les puits des microplaques de culture cellulaire, chaque puits contient 0,05 ml d'eau distillée additionnée de 20 à 30 larves de deuxième stade préalablement comptées. Les traitements et

leurs dilutions (dose et demi dose) vont être ajoutés à la suspension de larves à raison de 1 ml chacun. Pour comparer l'efficacité des traitements, nous devons préparer un témoin avec de l'eau distillée stérile. L'effet toxique des différents traitements est évalué après un temps d'immersion de 24, 48 et 72 heures. Chaque traitement est répété quatre fois. L'effet de l'extrait sur la mobilité des juvéniles est évalué en dénombrant sous loupe binoculaire les juvéniles mobiles par rapport au nombre total de juvéniles. Un juvénile est considéré vivant lorsqu'il est mobile ou que sa partie antérieure est mobile et bouge après excitation mécanique par un poil ou après exposition aux radiations lumineuses.

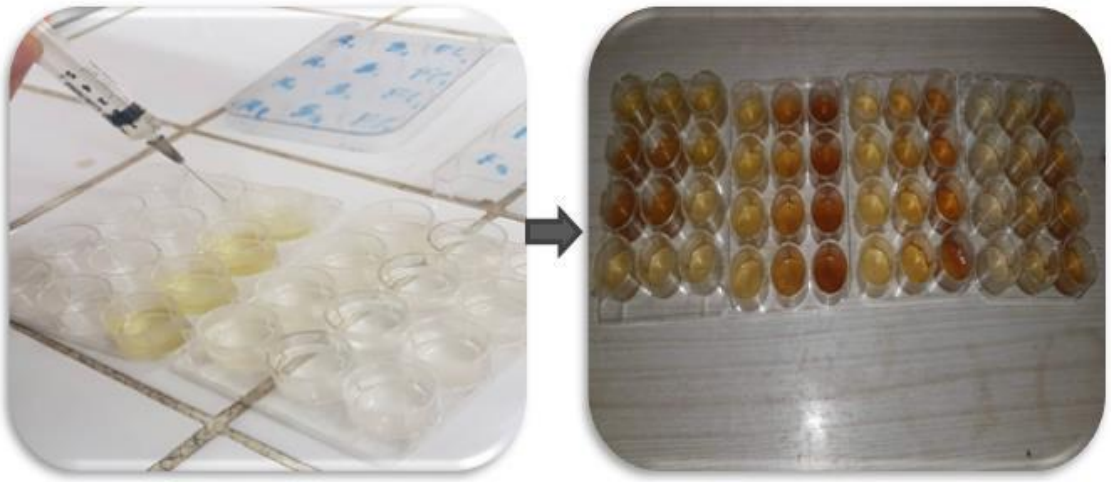


Figure 24 : Application des extraits (STAMBOULI *et al*, 2019).

III.5.2. Effet des extraits aqueux et éthanoliques sur la mortalité et l'éclosion des œufs

Les masses d'œufs prélevées à partir des racines infestées, sont mises dans quatre tubes Eppendorf (vingt masses dans chaque tube) contenant les traitements à différentes concentrations (dose et demi dose) Chaque concentration est répétée quatre fois. Les tubes Eppendorf sont, par la suite, mis dans une étuve à 22 °C pendant 48 h. Après cette période, une moitié des masses, exposées aux différentes concentrations de l'extrait aqueux et éthanolique, est colorée avec du bleu de Meldola à 1% (ce dernier colore les œufs morts en bleu foncé, tandis que les œufs vivants restent incolores) et l'autre moitié est placée dans de l'eau distillée dans une étuve à 22 °C afin d'étudier l'effet de l'extrait sur l'éclosion des œufs. Le comptage des juvéniles

émergés est réalisé tous les 2 jours sous loupe binoculaire. Une fois l'éclosion terminée (après 28 jours), les masses d'œufs sont placées dans une goutte d'eau distillée et écrasées entre lame et lamelle afin de dénombrer les œufs non éclos.

III.5.3. Test de revitalisation

L'évaluation de l'effet irréversible des différents extraits se réalise après 72 h. On lave les juvéniles trois à quatre fois à l'eau distillée dans les puits des microplaques de culture cellulaire pour éliminer complètement le traitement et puis on les laisse à la température ambiante 24 heure en vue de la revitalisation. Le pourcentage de larves mortes dans chaque boite est estimé après 24 h.

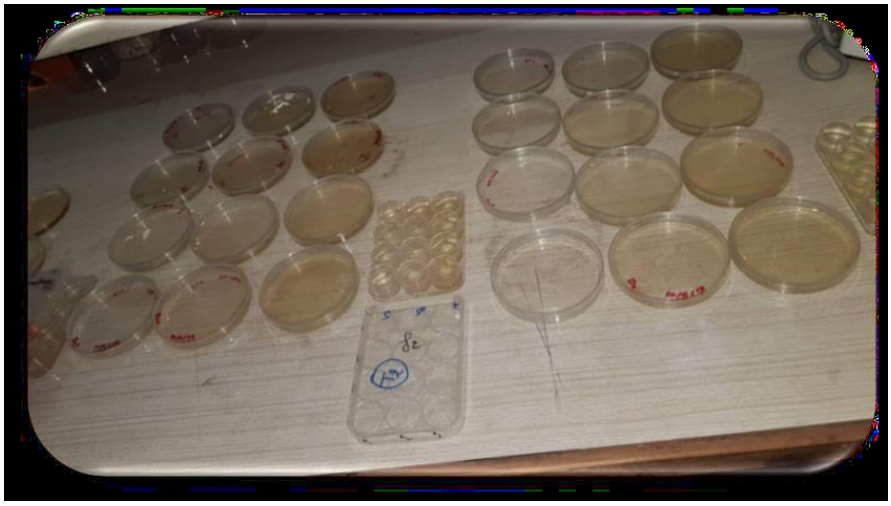


Figure 25 : Processus de revitalisation des larves (STAMBOULI *et al*, 2019).

III.6. Estimation de la mortalité corrigée

Les taux de mortalité ont été traités par la formule d'Abott (ABOTT, 1925) (Léonce, 2012), qui donne les valeurs corrigées de la mortalité en fonction des mortalités des échantillons traités et du témoin. Cette correction permet d'exclure le biais dû à la mortalité naturelle observée dans nos conditions expérimentales.

Le pourcentage de mortalité larvaire :

$$\% \text{ Mortalité Larvaire} = \frac{\text{Nombre de larves mortes}}{\text{Nombre total de larves}} \text{ X } 100$$

La formule d'Abbott (1925) est la suivante :

$$\% \text{ de mortalité corrigée} = \frac{(\% \text{ mortalité observée} - \% \text{ mortalité témoin}) \, 100}{(100 - \% \text{ mortalité témoin})}$$

Le test est validé lorsque la mortalité dans le lot témoin est inférieure à 5 % ; en cas de mortalité comprise entre 5 % et 20 %, elle est corrigée par la formule d'Abbott (1925). Cependant, si la mortalité dans le lot témoin est supérieure à 20 %, le test est à refaire.

Chapitre IV:
Résultats et discussion

Chapitre IV : Résultats et discussion

Vue la pandémie du Coronavirus (Covid19) qui a touché l'Algérie depuis le mois de Février 2020 ainsi que le monde entier, l'état Algérien a pris des nouvelles mesures et de précautions sanitaires et a ordonné une série de décisions et de dispositifs de confinements suivie de la fermeture des infrastructures universitaires, ce qui nous a empêché de poursuivre notre étude pour la finalisation de notre mémoire.

Pour cela, et pour prouver l'effet nématicide des plantes médicinales sur les nématodes à galle du genre *Meloidogyne*, nous avons présenté les résultats des trois recherches qui ont été réalisé dans ce propos **:**

IV.1.Effet de l'Armoise blanche « *Artemisia herba alba » sur* les larves de *Meloidogyne spp in Vitro (Meloidogynae-Nematoda)* (KHEIR, 2011)

Les extraits aqueux des trois parties d'armoise (partie aérienne, partie racine et le mélange des deux parties) ont été préparés et testé sur les larves (L_2) de *Meloidogyne spp* ; dans les conditions de laboratoire. Pour estimer l'efficacité de ces extraits, ces derniers ont été comparé aux témoins «témoin neutre eau distillée» et «témoin traité à l'Oxamyl» (annexe 1).

Le Tableau I (annexe 1), présente les taux de mortalité et de revitalisation des larves de *Meloidogyne* sous l'effet des différentes doses (pure, ½ pure et ¼ pure) des extraits aqueux des différentes partie de l'armoise blanche (feuilles, racine et le mélange) et de produit chimique ainsi que le témoin neutre.

D'après les résultats obtenus, il apparaît que les extraits végétaux et le produit chimique (l'Oxamyl) utilisés se sont révélés qualitativement et quantitativement actifs sur les larves de *Meloidogyne ;* ces taux augmentent avec la période d'exposition et la concentration des traitements.

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.

Les résultats révèlent qu'avec l'extrait pur de la partie aérienne la totalité des larves de *Meloidogyne* meurent (Taux de mortalité 100%) dès les 24h, 48h, et 72h d'exposition, cependant l'extrait pur des racines montre un taux de mortalité inférieur à 60% après 24h d'immersion et ce dernier dépasse 90% après 72h d'exposition, de même les résultats montrent que l'extrait pur de mélange (partie aérienne et partie racinaire) révèlent un taux de mortalité très élevé après 24h et 48h d'exposition (supérieur à 80%) et qui atteint 100% après un temps d'immersion de 72h.

Pour l'extrait dilué de moitié (½) de la partie aérienne, les résultats montrent un taux élevé de mortalité des larves de *Meloidogyne* dès les 24h d'immersion (78.40%), pour atteindre un taux total de 100% après 48h et 72h. En ce qui concerne celui de la partie racinaire, la toxicité est très faible, les taux moyens de mortalité enregistrés ne dépassent pas 60 %, ils sont respectivement (41.67% ; 51.67% et 53.33%) après 24 h , 48h et 72 d'exposition, cependant les taux de mortalité marqués avec l'extrait dilué de moitié (½) du mélange (partie aérienne et partie racinaire) sont élevés après 24h , 48h et 72h d'immersion ,les taux respectifs sont (71,67% , 81,67% et 90%) ,

En ce qui concerne la faible dilution (¼), les taux de mortalité enregistrés dans l'extrait végétal de la partie aérienne 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% , de même un taux faible de mortalité égale à 40% a été marqué dés les 24h après immersion dans l'extrait racinaire ,ce dernier augmente après 48h pour atteindre 81,76%, puis il diminue légèrement après 72h (75%),pour celui du mélange (partie aérienne et partie racinaire) ,les taux de mortalité signalé dépassent les 50% dès les 24h et 48 d'exposition (56.67 % et 68.33%) pour atteindre 70% après 72h .

Le traitement par les produits chimiques Oxamyl à l'état pur a provoqué la mortalité de la totalité des larves de *Meloidogyne* dès les 24h d'exposition.de même à l'état dilué de moitié (½),le taux de mortalité est élevé dès les 24h d'immersion dépassant les 60% pour atteindre 90% après 48h et 72h .par

contre, l'efficacité du produit chimique est faible (45%) en dilution de (¼) après 24h ,ce n'est qu'après 48h et 72h de traitement qu'il devient toxique (80%).

Pour les témoins de l'extrait végétal les résultats n'ont révélé aucune mortalité pour les larves de *Meloidogyne.*

L'Évaluation de l'effet irréversible des extraits des plantes révèle 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 : 10% au (½) et 70%au (¼).

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 est de (38.48 ; 39.90 et 66.67%) respectivement dans le pur et les dilutions (½) et (¼).

Alors que pour celui du mélange (partie aérienne et partie racinaire) et le produit chimique Oxamyl, le taux des larves activées après traitement est faible ne dépassant pas 60%.

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 ondulés.

KHEIR, 2011 a lié la toxicité des extraits aqueux des trois parties d'armoise vis à vis des larves de *Meloidogyne* à la présence des principes actifs toxiques. (GOMMERS et BAKKER ,1988 et CHITWOOD , 2002 *in* KHEIR, 2011) signalent plusieurs composés à activité nématicides 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.

De même KHEIR, 2011 a comparé ces résultats relatifs aux taux de mortalité produits et qui varient en fonction de l'espèce végétale, de la concentration de l'extrait et du temps d'exposition avec ceux de (ELBADRI, 2008 ; TAFIFET, 2010 et PLOEG, 2000 *in* KHEIR, 2011).

Cependant l'auteur suscité a lié l'effet anesthésique nématostatique des extraits de plante à la différence dans la nature des métabolites chimiques et le type du principe actif toxique des espèces végétales en basant sur les travaux de (KHAN , 2009 *in* KHEIR, 2011),

IV.2. L'effet de la Moutarde jaune « *Sinapis arvensis*» sur les larves (L2) de *Meloidogyne* (DENI ,2011)

Les extraits aqueux des différentes parties de la plante ont été préparés et testés sur les larves (L2) de *Meloidogyne spp* dans les conditions de laboratoire. Pour estimer l'efficacité des extraits, ces derniers ont été comparé aux témoins « témoin neutre (eau distillée) » et «témoin chimique (Oxamyl) ».

Le Tableau II (annexe 1) présente les taux de mortalité et de revitalisation des larves de *Meloidogyne* sous l'effet des différentes doses (pure, ½ pure et ¼ pure) des extraits aqueux des différentes partie de la moutarde jaune (feuilles, racine et le mélange) et de produit chimique ainsi que le témoin neutre.

Les résultats représentés dans le tableau II (annexe 1), résument l'effet du traitement et leurs dilutions sur le taux de mortalité des L2 de *Meloidogyne*.

En analysant les résultats obtenus, nous notons que l'extrait aqueux à l'état pur des différentes parties de la plante de Moutarde jaune (aérienne ,racinaire ainsi que le mélange des deux) a un effet toxique important sur la mortalité des larves de *Meloidogyne* dès les 24 premières heures, les taux de mortalité respectifs sont (79%,80%,85%),ces derniers s'accroissent pour atteindre 100% après 72h d'immersion.

En ce qui concerne l'effet toxique de l'extrait aqueux dilué en demi dose (½),nous constatons un taux de mortalité de larve est de 50 % après une temps d'exposition de 24 heures dans l'extrait végétal de plante de la partie racinaire et aérienne ,ce dernier a augmenté en fonction du temps d'exposition : il atteint 62% après 48h et 93% après 72h d'immersion dans l'extrait de la partie racinaire et 70% après 48h jusqu'à 88% après 72 d'immersion, pour celui des racines , les résultats montrent que l'extrait pur de mélange (partie aérienne et partie racinaire) révèlent un taux de mortalité qui dépasse les 50% après 24h

d'exposition, il s'accroit à 97% après 48h pour atteindre 100% après un temps d'immersion de 72h.

Pour les faibles dilutions de l'extrait aqueux au ¼ , les résultats du tableau 4 révèlent un taux de mortalité inferieur à 50% dès les 24h de traitement par l'extrait aqueux dilué de la partie aérienne et racinaire de la plante ,qui sont respectivement 22% et 30%,le taux s'accroit en fonction du temps d'exposition pour atteindre 50 % après 48h et 62% après 72h. Pour le traitement de l'extrait de la partie racinaire le taux de mortalité est de 57% après 48h jusqu'à atteindre 72% après 72 heures d'exposition, de même l'effet toxique est observé après 48 heures d'exposition pour le mélange (partie aérienne et partie racinaire), il atteint 80% et 90% après 72 d'immersion.

Le traitement par les produit chimique Oxamyl à l'état pur a provoqué la mortalité de la totalité des larves de *Meloidogyne* dès 24h,48h et 72h d'exposition ,à l'état diluée en demi dose(½), nous notons un taux important dès 24 heures égale à 77.5% pour atteindre 92% après 48 heures et 72 heures d'exposition, cependant, à l'état dilué au ¼ ,l'effet de l'Oxamyl est inférieur à 50% après 24h ,il s'accroit pour atteindre 85% après 48 h et 72h d'exposition. Alors que pour le témoin eau aucune mortalité n'a été enregistrée.

Il en ressort des résultats de la revitalisation des larves, que les différents extraits aqueux de *Sinapis arvensis* présentent un effet irréversible plus important comparé au produit chimique. Cet effet apparaît nettement pour les extraits purs. Par ailleurs, pour l'extrait de la partie aérienne dilué au (½) le taux de revitalisation obtenu est le plus bas (14 %). En ce qui concerne le traitement à l'Oxamyl le taux de revitalisation est plus élevé quelque soit la dilution.

DENI ,2011 a lié ces résultats de l'effet nématicide de la moutarde à des composés toxiques et a rejoint cette hypothèse avec les travaux de recherche réalisée sur quelques Brassicacae en citant (BROWN et MORRA, 1997 ; FAHEY *et al*., 2001 *in* Deni, 2011) qui ont montré que les Brassicacae produisent des glucosinolates représentés par β- D- thioglucosides qui sont présentes dans toute la plante. Ils sont dégradés par des enzymes en divers composés parmi eux les isothiocyanates (ITCs). Les variations dans les profils

de glucosinolates et les concentrations existent entre les Brassicaceae et leurs stades de développement (BELLOSTAS *et al,* 2007 *in* DENI, 2011).

Cependant l'effet irréversible enregistré par les extraits aqueux peut être expliqué d'après DENI ,2011 par le fait que les récepteurs sensoriels des nématodes (amphides) sont riches en acétylcholinestérase. Celles-ci sont facilement accessibles et inhibées par les métabolites nématicides. En effet, ces molécules affectent le système nerveux des nématodes en inhibant l'hydrolyse de l'acétylcholine par l'acétylcholinestérase en se référant aux travaux de (GUANY *et al.,* 1984 et KHAN, 2009 *in* DENI, 2011).

Conclusion

Conclusion

Les nématodes du genre *Meloidogyne* sont des bioagresseurs très redoutables qui sont difficiles à combattre et leur lutte demeure le souci majeur pour les scientifiques et les agriculteurs.

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

De ce fait, le travail entrepris dans ce mémoire avait pour objectifs d'évaluer l'effet nématicide des extraits aqueux et éthanoliques de la sauge (*Salvia officinalis*) sur la mortalité des larves L2 des nématodes du genre *Meloidogyne*.

En raison des fermetures des laboratoires et des infrastructures universitaires comme mesure de prévention contre la pandémie COVID-19, nous n'avons pas pu finaliser notre étude, par contre nous avons présenté des résultats d'études menées sur le même concept visant à évaluer l'effet nématicides des plantes sur les populations des nématodes à galle du genre *Meloidogyne*.

De ce fait ,et selon les résultats obtenues ;les extraits de différentes plantes utilisés se sont révélés qualitativement et quantitativement actifs sur les larves des nématodes à galles se traduisant par une augmentation de la mortalité des larves du deuxième stade en fonction des concentrations des extraits et le temps d'exposition des larves.

Il serrait intéressant de poursuivre et d'approfondir cette étude préliminaire par d'autres travaux afin de définir et de caractériser les matières actives existante au niveau des parties étudiées de la plante dans le but de les formuler et de les utiliser comme produit final, stable et applicable dans le domaine agricole.

Références bibliographiques

Liste des références bibliographique

1. AGRIOS, G. Plant pathology.5 éme édition. Elsevier Academic Press, U.S.A, 2005, 922 p.

2. AHMAD, M., SAYYED, A.H. et SALEEM, M.A. Evidence for field evolved resistance to newer insecticides in *Spodoptera litura* (Lepidoptera noctuidae) from Pakistan. Crop Prot., 2008, V: 27(10), p.1367-1372.
3. AMI, S.N et AYOUB, I.A. Chemical, biological and integrated control of the Root- Knot nematode *Meloidogyne javanica* on cucumber plants. Arab Journal of Plant Protection, 2009, Vol. 27, Special Issue (Supplement).
4. AUBERTOT, J.N . , BARBIER, J-M., CARPENTIER, A ., GRIL, J-J., GUICHARD, L., LUCAS, p., SAVARY, S., SAVINI,I ., VOLTZ, M. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et Cemagref, France, 2005, 64 p.
5. AVATO,P., FORTUNATO,I. M., C RUTA., ELIA,D. Glandular hairs and essential oils in micropropagated plants of Salvia officinalis L. Plant Science, 2005, 169, p.9 - 36.
6. BABA AISSA, F. Encyclopédie des plantes utiles. In « Flore d'Algérie et du Maghreb ». Ed : Librairie moderne Rouiba, 2000, p.252 - 253.
7. BARBARY, A. Bases génétiques de la résistance vis à vis des nématodes du genre Meloidogyne chez le piment. 507 p. Thèse de biologie: Mention biologie des interactions et écologie : Université de Nice Sophie-Antipolis : 2014.

8. BERTRAND, C. Lutte contre les nématodes à galle en agriculture biologique (Root-knot control in farming) thechnical, 2001, Groupe de recherche en agriculture biologique France.

9. BESRI, M. Impact du Protocole de Montréal sur les risques phytosanitaires dus aux bio-agresseurs telluriques, Colloque International sur la Gestion des Risques Phytosanitaires, «9-11 Nov.», 2009. (Marrakech) Morocco.

10. BEZZAR-BENDJAZIA **:** Effet d'un biopesticide , l'azadirachtine , sur un modèle de référence, *Drosophila melanogaster* (Diptera) : Toxicité, Développement et Digestion. p125. Thèse de Doctorat LMD : Université d'Annaba. 2016.

11. BRIDGE, J et STARR, J.L. Plant nematodes of agricultural importance: a colour handbook. CRC Press. 2007.
12. BRITO, JA., KAUR, R., CETINTAS, R., STANLEY, JD., MENDES, ML., MCAVOY, EJ., Powers, TO and Dickson, DW. Identification and isozyme characterization of Meloidogyne spp. Infecting horticultural and agronomic crops, and weed plants in Florida. *Nematology ,* 2008, 10, p.757–766.
13. BUSSER, C. Se soigner par les plantes du XIVème au XXème siècle. Université de Paris et Strasbourg, 1997, p.210.
14. CABI (Commonwealth Agricultural Bureau International). Distribution Maps of Plant Diseases: *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica.* 2002.
15. CAPEK,P., HRIBALOVA,V., ŠVANDOVA,E ., EBRINGEROVA ,A., SASINKOVA, V., MASAROVA,J. Characterization of immunomodulatory polysaccharides from *Salvia officinalis* L. International Journal of Biological Macromolecules, 2003, 33, p.113 - 119.
16. CAPEK,P et HRIBALOVA,V .Water-soluble polysaccharides from Salvia officinalis L. possessing immunomodulatory activity. Phytochemistry, 2004, 65, p.1983 - 1992.
17. CASTILLO ,P., LANDA ,B.B., NAVAS-CORTES ,J.A, VOVLAS ,N., JIMENEZDIAZ, R.M. First report of *Meloidogyne arenaria* parasiting lettuce in southern Spain, Plant disease, 2006, V.90, p.975.
18. CAYROL, J.C, FRANKOWSKI, J.P. Une méthode de lutte biologique contre les nématodes à galles des racines appartenant au genre *Meloidogyne*. Ed.P.M.H., revue horticole, 1979, n.273, p.15-23.
19. CARYOL, J.C., DJIAN-CAPROLINO, C., PANCHAUD-MATTEI, E., FRANKOWSKI , J., PIJAROWSKI, L. La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites, possibilités actuelles et perspectives, Bult. Inf. Zool, 1992, n. 7, p. 7.
20. CHANDLER, D., BAILEY, A.S., TATCHELL, G.M., DAVIDSON, G., GREAVES, J., GRANT, W.P. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. Philosophical Transactions of the Royal Society, 2011, B, 366 (1573), p.1987-1998.
21. CHEN, X., ZHANG, W.J., WONG, J., CHUN, G., LU, A., MC-CUTCHEN, B.F., PRESNAIL, J.K., HERRMANN, R., DOLAN, M., TINGEY, S., HU, Z.H. et VLAK, M. Comparative analysis of the complete genome sequences of *Helicoverpa*

zea and *Helicoverpa armigera* single-nucleocapsid nucleopolyhedroviruses. *J. Gen. Virol*. 2002, 83, p. 673-684.

22. CHITWOOD, BG. Root-knot nematodes, part I. A revision of the genus *Meloidogyne* Goeldi, 1887. Proceedings of the Helminthological Society of Washington, 1949, 16:90-104.
23. CHITWOOD, DJ ., PERRY ,RN .Reproduction, physiology and biochemistry. *In*: Perry RN, Moens M, and Starr JL (Eds.) Root-Knot nematodes. 1st edition, CABI publishing, 2010, p. 182-194.
24. DABAJ, K.H., STEPHAN, Z.A et DAOUABA, A.A.S. Nematode control by using plants and anti-natural products and extracts and legislative methods and organic farming methods and the transfer of traditions and integrated management, 2010, p. 1183.
25. DAHAM ,M et TCHAKMAKDJI,M : Effets des extraits aqueux et méthanolïques sur les nématodes a galles du *genre meloidogyne : 69p . Thèse Master :* Sciences de la nature et de la vie : Université docteur Yahia Fares : 2019 .
26. DAHMANI, K et DAHMANI, W : Evaluation de l'activité biologique des différents extraits, et des huiles essentielles de la plante : *Salvia officinalis* L. 102p. Thèse Master Académique : Biodiversité et physiologie végétale : DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE : UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA : 2017.
27. DALE, F et NEILSON, R. *Free living nematodes Ref: R276*: Research Review. British Potato council, 2006, London.
28. DAMALAS, C., KOUTROUBAS, S .Current status and recent developments in biopesticide use. Department of Agricultural Development, Democritus University of Thrace, GR-682 00 Orestiada, Greece *Agriculture,* 2018, *8*(1), p.13.
29. DE GUIRAN, G. Le problème Meloidogyne sur tabac à Madagascar .Cahiers ORSTOM. Série Biologie, 1970, 11, p.187-208.
30. DE GUIRAN, G. Le problème *Meloidogyne* et autres nématodes sur cultures vivrières tabac, caféier, riz. Journées françaises d'étude et d'information. Paris, 1971, p. 447-472.

31. DE GUIRAN, G. Nématodes, les ennemis invisibles. La Littorale S.A. (Ed.), France, 1983, p.41.
32. DE GUIRAN, G et NESTCHER, C. Les nématodes du genre *Meloidogyne*, parasites des cultures tropicales, Cahiers ORflOM, skrie Biologie, 1970, 11 , p.151-158.
33. DEMEURE, Y : Les causes de survie de certains nématodes phytoparasites (Scuteflonema cnvcnessi et Meloidogyne javanica) pendant la saison sèche clans le Sahel Sénégalais. 105p. Thèse : Université de Lyon I : France: 1978.
34. DENNI, A : Contribution à l'étude de l'effet toxique de la Moutarde jaune « *Sinapis arvensis*» sur les larves (L2) de Meloidogyne (Nematoda-Meloidogynidae) . Thèse Master II : Faculté Des Sciences Agro-Veterinaires : Département Des Sciences Agronomique : Université Saad Dahleb De Blida : 2011.
35. DERAVEL, J., KRIER, F., JACQUES, P. Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et* Environnement, 2014, *18*(2) ,p.220-232.
36. DJERROUDI-ZIDANE,O., EDDOUD,A ., KELLILI,M. EFFET DES EXTRAITS AQUEUX DE VEGETAUX SUR LES NEMATODES PHYTOPARASITES DU GENRE Meloidogyne spp, Décembre 2011 , Vol 1 N 2 ,p. 49-54.
37. DJERROUMI, A et NACEF,M. 100 plantes médicinales d'Algérie. Edition Palais du livre, 2004, p.135-131.
38. DJERROUMI, A et NACEF,M .100 plantes médicinales d'Algérie.2éme.Ed : Houma, 2013.
39. DJIAN-CAPORALINO, C et PANCHAUD-MATTEI, E. La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. Revue horticoles, 2002, N° 392, p.14-33.
40. DJIAN-CAPORANILO, C., VEDIE, H. et ARRUFAT, A. Gestion des nématodes à galles : lutte conventionnelle et luttes alternatives. L'atout des plantes pièges. PHYTOMA, septembre 2009 .p. 3.
41. D.S.P DE BLIDA .Direction de la santé et de la population de la Wilaya de Blida : Wilaya : Mars 2015 : http://www.dsp-blida.dz/index.php/wilaya .
42. DUKE, J A., BOGENSCHUTZ –GODWIN DU CLLIER, M J., DUKEP, A K . Médicinal Herbs. Edition CRC Press LLC, 2002.
43. DULING, E.N., OWEN, J.C., JOH, B.G., ROSMARU, F.W., KEVIN, A.M., YEAP, L.F ., NIGEL, B.P. Extraction of phenolic and essential oil from dried sage

(*Salvia officinalis*) using ethanol-water mixture. Food chemistry, 2007, 101, p.1417-1424.

44. EBERHARD, T., ROBERT, A., ANNELISE. Les plantes aromatiques Paris - Lavoisier -- Éd. médicales internationales. Cachan, 2005, V. 444, p.445, 446.
45. EBRIGEROVA,A., KARDOSOVA,A., HROMADKOVA, Z., HRIBALOVA,V. Mitogenic and comitogenic activities of polysaccharides from some European herbaceous plants. Fitoterapia, 2003, 74, p.52 - 61.
46. ECHCHGADDA, G., SQALLI, H. et AMIRI, S. Screening de l'activité bionématicide de différents extraits de *Thymus zygis* ; Proceeedings du 7 ème Congrès de l'Association Marocaine de Protection des Plantes, «Mai», (Rabat) Maroc ,2010, p.631.
47. EDONGALI, E. A., DUNCAN, L. et FERRIS,H. Influence of salt concentration on infectivity and development of *Meloidogyne incognita* on tomato. Revue de Nématology, 1982, 5, p.111-117.
48. EISENBACK, J.D et TRIATAPHYLLOH,.H. Chapiter 6 : Root-Knot Nematodes : Meloidogyne spieces and races. In : Manual of Agricultural Nematology. NICKLE, W.R, *édition Dekker, New York, 1991, p. 191-274*.
49. F.A.0 ,2020 . Food, Agriculture Organization of the United Nations , Plateforme de connaissances sur l'agriculture familiale ,Algerie : http://www.fao.org/family-farming/countries/dza/fr/
50. FERRIS, H et VANGUNDY,S.D . *Meloidogyne* ecology and host interrelation ships. In Lamberti et Taylor (root knot nematode).Ed.Acad.Press.London, 1979, p .205-230.
51. FLEURENTIN, J. Plantes médicinales : Traditions et thérapeutique. Ed. OUEST – France, 2008, p.92-93.
52. FOOD, AGRICULTURE ORGANISATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICAL DATABASE (F.A.O.S.T.A.T), F.A.O.S.T.A.T rapport, Profil de Pays – Algérie, 2015.
53. FOURY, C. Lutte contre les parasites et ennemis d'origine tellurique vers une stratégie plus intégrante, 1995, *Rev. Horti*., n° 356, pp. 21-29.
54. FRULEUX LOIC. L3 environnementaliste, Monographie *Salvia officinalis*. (2008-2009).

55. GAUSSEN, H., DEUROY,J. F., OZENDA, P. Précis de botanique II. In « les végétaux supérieurs». Ed: MASSON , 1982, p.215 - 408.

56. GOELDI, EA. Rapports sur la maladie du café dans la province de Rio de Janeiro. Extrait du VIII Vol. Dos. Archives du Musée national, Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 1887, p.1–121.

57. GOUTIER, J. L'herbier des jardins collection de plantes vivrières aromatiques médicinales et ornementales, La Maison Rustique Flammarion, 2009.

58. GOWEN, J. R., RUABATE, T. K., WRIGHT, J. G. Root-knot nematodes. *Pest Advesory Leaflet* No.9. Secretariate of the pacific community, 2005, p.1017-6276.

59. GUY GILLY. Plantes aromatiques et huiles essentielles à Grasse, Edition L'Harmattan. 2005.

60. HAJEK, A. E. Natural enemies. An introduction to biological control. Cambridge University Press, Cambridge (U. K.), 2004.

61. HANS. D et KOTHE.W. 1000 Plantes aromatiques et médicinales, Terres Edition, 2007.

62. HOFFMANN, G.M., NIENHAUS, F., SCHONBEC, F., WELTZIEN, H.C., WILBERT, H. Lehrbuch der Phytomedizin. Blackwell Wissenschafts Verlag, Berlin, 1994.

63. HOHMANN,J., REDEI,D., MATHEA,I ., BLUNDEN,G. Phenylpropanoid glycosides and diterpenoids from Salvia officinalis. Biochemical Systematics and Ecology, 2003, 3, p.427 - 429.

64. HULLMANN J., QUADT-HALLUMANN A., MILLER W.G., SIKORE R.A. et LINDOW S. E. Endophytic colonization of plants by the biocontrol Agent *Rhizobium etli* G12 in relation to *Meloidogyne incognita* infection, 2000, Vol. 91(4), p.415-422.

65. HUNT , DJ ., LUC, M ., MNAZANILLA-LOPEZ , RH . Identification, morphology and biology of plant-parasitic nematodes. *In*: LUC, M. SIKORA, RA and BRIDGE, J (Eds.) Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. CABI Publishing , 2005, pp. 11-80.

66. IGHILLI , H : Inventaire des nématodes phytophages sur cultures maraîchères et sur palmier dattier dans la région de Ouargla. 52p. Thèse Ing : Agro., I.N.A. El Harrach : 1986.
67. ISERIN, P. Encyclopédie des plantes médicinales, Larousse, 2001, p.335.
68. ISMAN , M.B. Problèmes et perspectives de commercialisation des insecticides d'origine botaniques. *In* REGNAULT-ROGER, C. PHILOGENE, BJR. VINCENT, C. *Biopesticides d'origine végétale*. Tec et Doc Paris, 2002, p.301-312.
69. JACOB, J. J.,MIDDEPIAATS, W. C. T. Fascicule de détermination des principaux nématodes phytonarasites au steéréoscope. Cours de nématologie. TSPV2. DFPV/AGRHYMET/CILSS (Niamey), 1988.
70. JAMES, B., ATDHA, A., GODONON , I., BARNEY, H., GOERGEN, G., SIKINU, R. , TOKO, M. . *Integrated pest management in vegetable production*. Pregatio flet printers. 2010.
71. JONES , JT, HAEGEMAN ,A ., DANCHIN, EGJ. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology,* 2013*, 14*, p.946–961.
72. KADIOGLU , I., YANAR, Y . Allelopathic effects of plant extracts against seed germination of some weeds. Asian .J.Plant Sci , 2004, Vol.3, p.472-475.
73. KAMATOU, G. P. P., VILJOEN,A. M., GONO-BWALYA, A. B., VAN ZYL,R. L., VUUREN,V. S. F., LOURENS,A. C. U., BASER,K. H. C., DEMIRCI,B., LINDSEY, K. L., STADEN,V. J. et STEENKAMP,P.The In vitro pharmacological activities and a chemical investigation of three South African *Salvia* species. Journal of Ethnopharmacology, 2005, 102, p.382 - 390.
74. KARAJEH, M., ABU GHARBIEH, W., et MASSAOUD ,S . First report of the root knot nematode *Meloidogyne arenaria* race 2 from several vegetable crops in Jordan. Pant disease, 2005, Vol.89, pp.206.
75. KARIUKI, G.M., BRITO, J.A., DICKSON, D.W. Effects of *Pasteuria penetrans* endospore rate of attachment on root penetration and fecundity of *Meloidogyne arenaria* Race 1. *Nematropica ,* 2006, 36, p.261-267.
76. KARSSEN, G ., MOENS, M . Root -Knot nematodes in Plant Nematology. Ed.Perry R. and Moens M ., CAB .International , 2005, p.440.
77. KENNEDY,D. O et SCHOLEY,A. B. Sage and brain function. Nutrition Abstract and Reviews, 2005, Serie A, 75, 8, p.25 - 31.

78. KHAN M. R., JAIN R. K., CHULE T., PAL S . *Root-knot nematodes of India: A comprehensive Monograph.* India Agricultural Research Institute, New Delhi 110012 India, 2012, Venus Publishers.
79. KHIER, N : Etude de la toxicité de l'Armoise blanche *« Artemisia herba alba »* sur les larves de *Meloidogyne spp* in Vitro. (*Meloidogynae-Nematoda*).Thèses : Master II . Faculté Des Scienses Agro-Veterinaires : Département Des Sciences Agronomique : Université Saad Dahleb De Blida : 2011.
80. KORAYEM, A.M. Effect of some organic wastes on *Meloidogyne incognita* development and tomato tolerance to the nematode. Egyptian Journal of Phytopathology, 2003, Vol. 31(1-2), 119-127.
81. KOUISMI Mustapha : INTERVENTION DANS UN SITE HISTORIQUE Cas d'étude : Le Centre historique de Médéa. Mémoire de recherche .64p .ARCHITECTURE VILLE ET Territoire : Université Saad Dahleb de BLIDA : 2017
82. LACHER, T.E., MORTENSEN, S.R., JOHNSON, K.A., KENDALL, R.J. Environmental aspects of pesticide use on banana plantations. Pesticide Outlook, 1997, 12, p. 24-28.
83. LACOSTE,S. Les plantes qui guérissent. Ed. LEDUC.S. Paris, 2006, p.331-332.
84. LAOUER, H., ZERROUG, M. M., SAHLI, F., CHAKER, A. N. VALENTINI, G., FERRITTI, G., GRANDE, M et ANAYA, J. Composition and Antimicrobial activity of *Ammoidespusilla*(Brot.)Breistr.essential oil. *Journal of Essential oil Research,2003,* 15: p.135-138.
85. LENG, P., ZHIMING, Z., GUANGTAN,, P., MAOJUN, Z. Applications and development trends in biopesticides. *Afr. J. Biotechnol* , 2011, 10(86), p.19864-19873.
86. LEONCE KOUADIO . Université Alassane Ouattara de Bouaké - Diplôme d'études approfondies (DEA) d'entomologie médicale et vétérinaire : 2012.
87. LEVIN, R. Reproduction and identification of root-knot nematodes on perennial plants in Florida. A thesis presented to the Graduate School of the University of Florida. Florida : 2005.
88. LIU, B., LIU, X., LIU, Y., XUE, S., CAI, Y., YANG, S., DONG, M., ZHANG, Y., LIU, H., ZHAO, B., QI, C., ZHU, N., REN, H . The infection of cucumber (*Cucumis sativus* L.) roots by *Meloidogyne incognita* alters the expression of

actin-depolymerizing factor (ADF) genes, particularly in association with giant cell formation. *Frontiers in Plant Science* 7 , 2016.

89. LU, Y et YEAP, E. .Antioxidant activities of polyphénols from sage (*Salvia officinalis*), journal food chemistry, 2001, 75, p.197-202.
90. MADI, A : Caractérisation et comparaison du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales (Thym et Sauge) et la mise en évidence de leurs activités biologiques. 116p. Thèse Magister : l'Université Mentouri Constantine : 2009.
91. MAGALI, C. Lutte intégrée en serres florales et en verger de pomme. Revue éditée dans le cadre du Programme National Agriculture et Développement Durable, 2009 .
92. MAHMOUDI, S., KHALI, M. et MAHMOUDI, N. Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.). Nature & Technologie, 2013, 09, p .35 – 40.
93. MAKSIMOV,M.; DANIJELA,V., MLADEN,M., MARIJA,E.S., SABAHETA , A., SONJA,S.Y. Effet of the environmental condition on essential oil profile in two dinaric salviasp: *Salvia brachydon* and *Salvia officinalis* L. Biochemical Systematics and Ecology, 2007, V.35,p. 473- 478.
94. MASSAWE, R. S. Impact of nematode pest management strategy on nematode communities in Tomato production systems in Zimbabwe. Unpublished MSc. Thesis : University of Zimbabwe : Harare : 2010.
95. MEDJAHED, S. Evaluation de l'activité nématicide de quelques extraits de plantes contre *Meloidogyne incognita* (White et Kofoid, 1919) Chitwood 1949 (*Nematoda* : *Meloidogynidae*). 126p. Thèse Magister : Sciences et Technologies des Productions Végétales : Ecole Nationale Supérieure Agronomique EL Harrach-Alger : 2009.
96. MEGUENI , k., BOUSFIA , W : Etude phytochimique et évaluation des activités antibactériennes de l'huile essentielle de « *Salvia Officinalis* ». 93p . Thèse Master II : Département des Sciences de la Nature et de la Vie : Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Aïn-Témouchent : 2019.
97. MEZERKET ,A . Evaluation de l'activité nématicide de quelques extraits de plantes contre *Meloidogyne incognita* (White et Kofoid, 1919) Chitwood 1949 (*Nematoda* : *Meloidogynidae*). 127p. Mémoire Magister : Sciences et Technologies des Productions Végétales : Ecole Nationale Supérieure Agronomique EL Harrach-Alger : 2008.

98. MILADINOVIC,D et MILADINOVIC,L. J. Antimicrobial activity of essential oil of sage from Serbia. Series: Physics, Chemistry and Technology, 2000, Vol.2, n.2, p.97- 100.
99. MOENS, M., PERRY, R. N., STARR, J. L. *Meloidogyne* species-a diverse group of novel and important plant parasites. Pp. 1-17 *in* R. N. Perry, M. Moens and J. L. Starr, Eds, 2009, Root-knot nematodes. Wallingford: CAB International.
100. MOKABLI, A. Les principaux facteurs qui déterminent l'importance et l'agressivité des Meloidogyne sous abris serre en Algérie. 69 p. Thèse magister : Inst. Nat. Agro : El Harrach, Alger : 1988.
101. MOLINARI , S., FANELLI, E., LEONETTI , P . Expression of tomato salicylic acid (SA)-responsive pathogenesis-related genes in *Mi-1*- mediated and SA-induced resistance to root-knot nematodes: *PR* genes in genetic and induced resistance to RKNs. *Molecular Plant Pathology ,* 2014*,* 15, p.255–264.
102. MULTINIER, L., CORDIER, S., JEGOU B. Effets adverses des produits phytosanitaires sur la santé humaine. In : Regnault-Roger C., Fabres G., Philogène B. (eds). Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Lavoisier, Paris , 2005, p .243-259.
103. MURILLO-ALONSO, K. T., HERNANDEZ-VELASQUEZ, V. M., SALAZAR-SCHENTTINO, P. M., CABEREA-BRAVO, M., & TORIELLO, C. Effects of Metarhizium anisopliae on Meccuspallidipennis (Hemiptera: Reduviidae) over different types of wall surfaces. *Biocontrol Science and Technology*, 2019, p. 1-12.
104. MUZHANDU, R. T., CHINHEYA, C. C., DIMBI, S., MANJERU, P .Efficacy of Abamectin for control of root knot nematodes in tobacco seedling production in Zimbabwe. *Africa Journal of Agricultural Research,* 2013, 9 (1), p.144-147.
105. NADJI ,A : Inventaire de la nematofaune sur culture maraîchères et contribution à l'étude de quelques aspects biologique des *MeloÏdogyne*. 52p : Thése Ingenieur :. Agro., I.N.A : EL Harrach : 1988.
106. NEBIH Hadj-Sadok, D : Etude de la biologie des *Meloidogyne spp.(Nematoda-Meloidogynidae)* dans quelques régions du littoral algérien. 176 p. Thèse Magister : Inst.Nat . Agro : El- Harrach : 2000.
107. NEBIH HADJSADOK,D .,KHEIR, N .,BELKAHLA, H. Effet des extraits aqueux de deux especes d'armoise algerienne (*Artemisia Herba Alba* et *Artemisia*

Judaica) in vitro sur les larve (L2) de *Meloidogyne,* Revue Agrobiologia*, 2014, N°6,p. 82-87.*

108. NETSCHER, C. Les nématodes parasites des cultures maraîchères du Sénégal. Cuit.ORSTOM Sér. Biol, 1970, 11, p. 209-229.

109. NICOL, JM., TURNER ,SJ., COYNE, DL., DEN NIJS, L., HOCKLAND, S ., TAHNA MAAFI ,Z . Current nematode threats to world agriculture. In: JONES, J. GHEYSEN, G et FENOLL, C (Eds.): Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions. Springer Science + Business Media, Dord recht, 2011, p.21-43.

110. NOLING, JW . Nematode management in tomatoes, peppers and eggplant. University of Florida, IFAS Extension, ENY-032 , December 2009 , p?1–15.

111. NOLING JW . Nematode management in carrots, University of Florida, IFAS Extension, 2012, ENY-021,p.1–13.

112. OKA, Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendmentsApplied Soil Ecology, 2010, Vol : 44, p. 101-115.

113. OLSEN, MW . Root-knot Nematode. University of Arizona, Arizona Cooperative Extension, AZ1187 , November 2000, p.1–3.

114. ONKENDI, E. M., KIRIUKI , G. M., MARAIS, M., MOLELEKI, L. N. The threat of root-knot nematodes (*Meloidogyne spp.*) in Africa: A Review. *Journal of Nematology,* 2014*, 39*, :p.190-202 .

115. ORTON, W.K. *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne arenaria* and *Meloidogyne incognita*. C.I.H. Description of Plant Parasit *Nematode,* 1973, Vol. 18, p. 1-15.

116. PENSO, G. Index Plantarum Medicinalium Totius Mundi Eorumque Synonymorum. OEMF, Milano , 1983.

117. PERRY, R.N et MOENS, M .Plant nematology. Ed. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data CABI North American Office, 2006, p. 447.

118. PERRY R.N., MOENS, M., STARR J.L. Root-Knot Nematodes. *CABI publishing, Pondicherry,* 2009*, p. 488.*

119. PERRY, R.N et MOENS, M. Introduction to plant-parasitic nematodes; modes of parasitism. *In*: JONES, J. GHEYSEN, L and FENOLL C (eds.). Genomics

and molecular genetics of plant-nematode interactions. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London and New York, 2011, p. 3-17.

120. RABBANI , M., SAJJADI,S. E., JAFARIAN ,A., VASEGHI,G. Anxiolytic affects of Salvia reuterana boisson the elevated plus-maze model of anxiety in mice. Journal of Ethnopharmacology, 2005, 101, p.100 - 103.
121. RADULESCU ,V., CHILIMENT ,S., OPREA E. Capillary gas chromatography-mass spectrometry of volatile and semi-volatile compounds of *Salvia officinalis*. Journal of Chromatography A, 2004, 1027, p.121 - 126.
122. RADWALD, J D. Nematode disease of food and fiber crops of the south western United States. Ed. Division of agricultural science university of California, 1978, p.64.
123. RAHMAN, L. Root knot diseases and its control. Agfact, 2003, p.1–10.
124. REDDY, P. Plant nematology. Ed. Agri. Publ. Acad. India, 1983, p .287.
125. SABRI, k : Variation de la mycoflore parasite et prédatrice des nématodes à galles (Meloidogyne sp) en fonction de quelques paramètres des sols. 98 p. Thèse : Magister : Protection des végétaux : INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE : EI HARRACH : 2007.
126. SANTOS-GOMES,P. C., SEABRA,R. M., ANDRADE,P. B., FERNABDES-FERREIRA,M. Phenolic antioxidant compounds produced by In vitro shoots of sage (Salvia officinalis L.). Plant Science, 2002, 162, p.981 - 987.
127. SASSER, JN et CARTER, CC. Biology and Control Vol. I. North Carolina State University Graphics, 1985, pp. 19-23.
128. SAXENA, R.C. Naturally, occurring pesticides and their potential. Dans Shemilt, L.E. (ed.) *Conference on chemistry applied world needs*, Manila, Philippines. Pergamon, Oxford, 1983, pp 143–161.
129. SCHWAN-ESTRADA, K. R. F et STANGARLIN, J. R. Extraits et huiles essentielles de plantes médicinales à l'induction de la résistance. In : CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. S. (Ed.). Induction de résistance chez les agents pathogènes et les insectes. Piracicaba ,Brezil : FEALQ, 2005, p. 125-138.
130. SCOTTO LA MASSESE J C. Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie. Ass .Coor .Trrav .Agri. F.N.H.P.C. Versailles, 1962, p. 83-105.

131. SELLAMI, S., LOUNICI, M., EDDOUD, A. et BENSGHIR, H. Distribution et plantes hôtes associées aux Meloidogyne sous abris plastiques en Algérie. Nematol. Medit., 1999, 27, p. 295-301
132. SELLAMI, S., MEZEKET, A. et DAHMANE, T. Evaluation de l'efficacité de quelques huiles essentielles contre *Meloidogyne incognita* (*Nematoda* : *Meloidogynideae*). Colloque International sur la Gestion des Risques phytosanitaires, «09-11 Nov.», (Marrakech) Maroc, 2009. P.411-418.
133. SENTHIL-NATHAN, S. A review of biopesticides and their mode of action againt insect pests. In Environmental sustainability) . Springer . New Delhi, 2015 . p. 49-63.
134. SEVILHAN, M., CHEN, S. et MELAKEBERHAN, H. Effects of *Hirsutella minnesotensis* and N-Viro Soil on populations of *Meloidogyne hapla.* Biocontrol Science and Technology, 2007, Vol. 17(3), p.233 – 246.
135. SHORESH, M., HARMAN, G., MASTIURI, F. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annual Review of Phytopatholog,* 2010. 48, p.21-43.
136. SIDDIQUI, M.R. *Tylenchida: parasites of plants and insects*. (Ed. 2). CABI. 2000, p. 833.
137. SIDDIQUI, I.A., EHETSHAMUL-HAQUE S., ShAUKET S.S. Use of rhizobacteria in the control of root rot-root knot disease complex of mungbean. J. Phytopathol, 2001, 149, p.337–346.
138. SIKORA, RA et FERNANDEZ, E. Nematode parasites of vegetables. *In*: LUC, M. SIKORA, RA and BRIDGE J, (Eds.) .Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. CABI Publishing, 2005, p. 319-371.
139. SINGH, V.P., JAISWAL, R.K., KUMAR, N. et KUMAR, D. Nematophagous fungui associated with root galls of rice caused by *Meloidogyne graminicola* and its control by *Arthrobotrys dactyloides* and *Dactylaria brochopaga*. Phytopathology, 2007, 155, p.193-197.
140. STAMBOULI, S ET HAMAIDI, Z : Effet Nematocide de Quelques extraits biologiques sur les nematodes phytophages. Thèse Master II : Département des biotechnologies : Université Saad Dahleb de Blida : 2019.
141. STARNES, R.L., LIU, C.L., MARON, P.G. History use and future of microbial nsecticides.Amer.Entomol, 1993, Vol.39, p.83-91.

142. STOLL G.,. Protection naturelle des végétaux en zone tropical. Acta. Ed. Margaf verlag, Allemagne, 2002. 386 p.
143. TALEB, T. K. Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leurs effets sur le bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). 206p. Thèse de doctorat : Département de biologie : Universite Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou : 2015.
144. TEBIB ,M : Infestation de quelques régions du littoral centre par les nématodes à galles. 118p. Thèse :Magister : Zoologie Appliquée à la Protection des Végétaux : Institut National Agronomique El-Harrach : 2006.
145. THAKORE, Y. The biopesticide market for global agriculture use. *Ind. Biotechnol*, 2006, 2, p.194-208.
146. TISSERAT, N. Root knot nematode of tomato. Fact sheets tomato –Extension plant pathology Kansas State University, Manhattan, 2006.
147. TOSUN ,A., KHAN , S., KIM Y,S., CALIN-SANCHEZ Á., HYSENAJ X ,. CARBONEll-BARRACHINA Á.A .2014. Essential Oil Composition and Anti-Inflammatory Activity of *Salvia officinalis L* (Lamiaceae) in Murin Macrophages. Tropical Journal of Pharmaceutical Research, June 2014, 13 (6) ,p.937-942.
148. TRIANTOPHYLLOU, AC. Polyploidy and reproductive patterns in the root-knot nematode *Meloidogyne hapla. J. Morphol,* 1966*, 118*: p.403-413.
149. TRIANTOPHYLLOU, AC. Cytogenetics, cytotaxonomy and phylogeny of root-knot nematodes. *In*: Sasser JN & Carter CC (Eds.) .An advanced treatise on *Meloidogyne*. Vol. I, Biology and control, North Carolina State University Graphics, 1985, p. 113-126.
150. TRIANTOPHYLLOU, AC et SASSER, JN. Variation in perineal patterns and host specificity of *Meloidogyne incognita*. *Phytopathology,* 1960, 50, p.724–735.
151. TRUDGILL, D.L. Parthenogenetic root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.); how can these biotrophic endoparasites have such an enormous host range. *Plant Pathology 1997,* 46, p. 26–32.
152. TRUDGILL, DL., BALA, G., BLOK, VC., DAUDI, A., DAVIES, KG., GOWEN, SR., FARGETTE, M., MADULU, JD., MATEILLET., MWAGENI, W., NETSCHER, C., PHILIPS, MS., SAWADOGO, A., TRIVINO, CG., VOYOUKALLOU, E. The importance of tropical root-knot nematodes

(*Meloidogyne* spp.) and factors affecting the utility of *Pasteuria penetrans* as a biocontrol agent. Nematology. 2000, 2, p.823–845.

153. VAN DAMME, V., HOEDEKIE, A et VIAENE N. Long term efficacy of Pochonia chlamydosporia for management of *Meloidogyne javanica* in glasshouse crops.Nematology, 2005, 7, p.741 - 754.
154. VAN DER PUTTEN, W.H., COOK, R., COSTA, S., DAVIES, K.G., FARGETTE, M., FREITAS, H., HOL, W.H.G., KERRY, B.R., MAHER, N., MATEILLE, T., MOENS, M., DE LA PENA, E., PISKIEXICZ, A., RAEYMAEKERS, A., RODRIGUEZ-ECHEVERRIA, S., VAN DER WURFF, A.W.G. Nematode interactions in nature: models for sustainable control of nematode pests of crop plants. *Advances in Agronomy,* 2006, 89, p.227-260.
155. VAN GUNDY, S.D. Ecology of *Meloidogyne spp*. emphasis on environmental factors affecting survival and pathogenecity, pp177-182. In J.N. SASSER and C.C. CARTER eds. An advanced treatise on *Meloidogyne,* 1985 . Vol. 1, Biology and control, Raleigh, NCSU Graphics.
156. VAN LENTEREN, J. IOBC Internet book of biological control. Version 6. 2012**.**
157. VILLAIN ,L., BAUJARD, P., ANZUETO, F. ,HERNANDEZ, A., SARAG, J.L.. Protection intégrée des caféières d'Amérique centrale contre les nématodes, 2002, p.118-119.
158. WALKER, J. B., KENNETH, J., TREUTTEIN, J., WINK, M. *Salvia* (lamiaceae) is not monophyletic: Implications for the systmatics, radiation, and ecological pecializations of Salvia and tribe Mentheae. American Journal of Botany , 2004, 91 (7), p. 1115–1125.
159. WESEMAEL, W.M.L., PERRY, R.N. et MOENS, M. The influence of root diffusate and host age hatching of the root-knot nematodes *Meloidogyne chitwoodi* and *Meloidogyne fallax*. Nematology, 2006, Vol. 8(6), p.895-902.

Webographie

1. (ANONYME 1, 2020) : http://ephytia.inra.fr/fr/C/23095/Tropileg-Nematodes-a-galles consulté le 02-04-2020.
2. ANONYME 2 ,2017) : https://www.flickr.com/photos/scotnelson/37204696741/in/album-72157685360807802/ consulté le 10-04-2020.
3. (ANONYME 3 ,2002): https://www.flickr.com/photos/scotnelson/5694674984/in/album-72157635415455383/ consulté le 10-04-2020.
4. (ANONYME 4, 2003): https://www.monaconatureencyclopedia.com/salvia-officinalis/?lang=fr 15-02-2020.
5. (ANONYME 5, 2017) : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Graines_sauge.jpg?uselang=fr Consulté le 15-02-2020.
6. (ANONYME 6, 2013) :https://jardin-secrets.com/sauge.html Consulté le 15-02-2020.
7. (ANONYME 7, 2020) : https://www.aujardin.info/fiches/bienfaits-sauge-officinale.php Consulté le 15-02-2020.

Annexe

Annexe 1

Tableau I : Taux de mortalité et de revitalisation des larves de de *Meloidogyne spp* sous l'effet des différents traitements des extraits de l'Armoise blanche « *Artemisia herba alba* ».

Taux de mortalité (%)													
Temps d'exposition	**Témoin**	**extraits aqueux de la partie aérienne**			**extraits aqueux des racines**			**extraits aqueux du mélange (la partie aérienne et racine)**			**Produit chimique**		
		Pur	**½ Dose**	**¼ Dose**	**pur**	**½ Dose**	**¼ Dose**	**pur**	**½ Dose**	**¼ Dose**	**pur**	**½ Dose**	**¼ Dose**
24h	0	100	78.40	<50	55	41.67	40	80	71,67	56.67	100	75	45
48h	0	100	100	<50	66.67	51.67	81.67	91.67	81,67	68.33	100	90	80
72h	0	100	100	>50	91.67	53.33	75	100	90	70	100	90	80
Taux de revitalisation (%)													
revitalisation des larves après 72h	**Témoin**	**extraits aqueux de la partie aérienne**			**extraits aqueux des racines**			**extraits aqueux du mélange (la partie aérienne et racine)**			**Produit chimique**		
		Pur	**½ Dose**	**¼ Dose**	**pur**	**½ Dose**	**¼ Dose**	**pur**	**½ Dose**	**¼ Dose**	**pur**	**½ Dose**	**¼ Dose**
	très actifs et mobiles	0	10	70.16	38.48	39.90	66.67	15	23	52	15	25	50

Annexe 1

Tableau II : Taux de mortalité et de revitalisation des larves de de *Meloidogyne spp* sous l'effet des différents traitements des extraits de la Moutarde jaune « *Sinapis arvensis*»

Taux de mortalité (%)													
Temps d'exposition	**Témoin**	**extraits aqueux de la partie aérienne**			**extraits aqueux des racines**			**extraits aqueux du mélange (la partie aérienne et racine**			**Produit chimique**		
		Pur	**½ Dose**	**¼ Dose**	**pur**	**½ Dose**	**¼ Dose**	**pur**	**½ Dose**	**¼ Dose**	**pur**	**½ Dose**	**¼ Dose**
24h	0	79	50	22	80	50	30	85	71	50	100	77.5	48
48h	0	91	62	50	90	70	57	97	80	70	100	92	85
72h	0	100	93	62	100	88	72	100	90	80	100	92	85
Taux de revitalisation (%)													
revitalisation des larves après 72h	**Témoin**	**extraits aqueux de la partie aérienne**			**extraits aqueux des racines**			**extraits aqueux du mélange (la partie aérienne et racine**			**Produit chimique**		
		Pur	**½ Dose**	**¼ Dose**	**pur**	**½ Dose**	**¼ Dose**	**pur**	**½ Dose**	**¼ Dose**	**pur**	**½ Dose**	**¼ Dose**
	très actifs et mobiles	03	14,33	24	03	18	20	02	24	30	28	34	65

Résumé

Evaluation *in vitro* de l'effet nématicide des bioproduits sur les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* (*Nematoda-Meloidogynidae*)

Les *Meloidogyne spp*. (aussi appelés nématodes à galles), sont les nématodes les plus importants sur le plan économique à l'échelle mondiale qui peuvent engendrer d'importantes diminutions de rendement en se multipliant sur de très nombreuses plantes à intérêt agronomique .

Dans le but de rechercher des moyens alternatifs à la lutte chimique, ce présent travail a été réalisé pour évaluer l'effet nématicide in vitro des extraits aqueux et éthanoliques de la sauge (*Salvia officinalis*) sur les larves de deuxième stade L2 de nématodes à galles du genre *Meloidogyne*.

Pour cela, des extraits aqueux et éthanolique ont été préparé à partir des feuilles sèches de la sauge provenant des deux régions de Médéa et Blida, ces derniers ont été conservés. Des racines infestées par les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* ont été récolté à partir des sous serres de la région de Douaouda.

A cause de la fermeture des laboratoires comme mesure de prévention contre la pandémie du Corona virus (Covid19) , notre étude n'a pas pu être finalisée, par la suite nous avons présenté les résultats des trois autres études qui sont dans le même contexte de la nôtre, et qui sert à évaluer l'effet nématicide des extraits aqueux des feuilles, racines et le mélange (racines et feuilles) de l'armoise blanche «*Artemisia herba alba»* et la moutarde jaune «*Sinapis arvensis*», ainsi que les extraits aqueux et méthanoliques des feuilles de la plante «*Taxus baccata*».

Les résultats ont montré que tous les extraits testés provoquent une mortalité importante des larves du deuxième stade de *Meloidogyne*. Cette dernière dépend de la période d'exposition, de la concentration et la nature de l'extrait.

Mots clés : *Meloidogyne spp*, effet nématicide, *Salvia officinalis,* extraits aqueux ; extraits éthanoliques , extraits méthanoliques.

Abstract

In vitro evaluation of the nematicidal effect of bioproducts on root-knot nematodes of the genus *Meloidogyne (Nematoda-Meloidogynidae)*

Meloidogyne spp (also called root-knot nematodes) are the most economically important nematodes on a global scale which can cause significant yield reductions by multiplying on a large number of plants of agronomic interest.

In order to Search for alternative means to chemical control This present work was carried out to evaluate the nematicidal effect in vitro of aqueous and ethanolic extracts of sage (*Salvia officinalis*) on second stage L2 larvae of root-knot nematodes of the genus *Meloidogyne*.

For that aqueous and ethanolic extracts were prepared from the dry leaves of sage from the two regions of Medea and Blida, they were preserved. Roots infested by root-knot nematodes of the genus *Meloidogyne* were collected from the greenhouses of the region of Douaouda.

Due to the closure of the laboratories as a preventive measure against the Corona virus pandemic (Covid19), our study could not be finalized, afterwards we presented the results of the other three studies which are in the same context of ours, and which serves to evaluate the nematicidal effect of the aqueous extracts of the root, leaves and the mixture (roots and leaves) of the white wormwood "*Artemisia herba alba*" and the yellow mustard "*Sinapis arvensis*" as well as the aqueous and methanolic extracts of the leaves of the plant "*Taxus baccata*".

The results have shown that all the extracts tested cause a significant mortality of the larvae of the second stage of *Meloidogyne*. The latter depends on the exposure period, concentration and the nature of the extract.

Key words: *Meloidogyne spp,* nematicide effect, *Salvia officinalis*, aqueous extracts, ethanolic extracts, methanolic extracts.

ملخص

التقييم في المختبر لتأثير مبيدات النيماتودا للمنتجات الحيوية على نيماتودا تعقد الجذور من جنس *Meloidogyne* (*Nematoda-Meloidogynidae*)

Meloidogyne spp (وتسمى أيضًا نيماتودا تعقد الجذور) هي النيماتودا الأكثر أهمية من الناحية الاقتصادية على المستوى العالمي والتي يمكن أن تسبب انخفاضًا كبيرًا في الغلة عن طريق التكاثر عل مستوى عدد كبير من النباتات ذات الأهمية الزراعية.

بالهدف من البحث عن وسائل بديلة عن العلاج الكيميائي تم إجراء هذا العمل الحالي لتقييم تأثير مبيد النيماتودا في المختبر للمستخلصات المائية والإيثانولية من المريمية (*Salvia officinalis*) على يرقات المرحلة الثانية من نيماتودا عقد الجذر من جنس *Meloidogyne*.

بالنسبة للمستخلصات المائية والإيثانولية تم تحضيرها من أوراق المريمية الجافة من منطقتي المدية والبليدة، حيث تم الحفظ عليها، كما تم الحصول على الجذور المصابة بنيماتودا عقدة الجذور من جنس *Meloidogyne* من البيوت البلاستيكية لمنطقة دواودة.

نظرًا لإغلاق المخابر كإجراء وقائي ضد وباء فيروس كورونا (كوفيد 19)، لم يتم الانتهاء من دراستنا بعد ذلك، فقد قدمنا نتائج ثلاث دراسات الأخرى التي هي في نفس سياق دراستنا والتي تعمل على تقييم تأثير المبيد للنيماتودا للمستخلصات المائية للأوراق، الجذور والمزيج (الجذور والأوراق) من نبتة الشيح "*Artemisia herba alba*" والخردل الأصفر "*Sinapis arvensis*" بالإضافة إلى المستخلصات المائية و الميثانولية لأوراق نبات "*Taxus baccata*".

وقد أظهرت النتائج أن جميع المستخلصات المختبرة تسبب الموت ليرقات المرحلة الثانية من *Meloidogyne* وتعتمد هذه الأخيرة على فترة التعرض، التركيز وطبيعة المستخلص.

كلمات المفتاح: *Meloidogyne spp* ، تأثير مبيدات النيماتودا، المستخلصات المائية، *Salvia officinalis*، المستخلصات الإيثانولية، المستخلصات الميثانولية.

Sommaire

Remerciements…… A

Dédicace…….. B

Table de matières……... C

Liste des figures…… D

Liste des tableaux…….. E

Liste des annexes…….. F

Liste des abréviations ……... G

Introduction……..…… 1

Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les nématodes à galles. 3

I.1. Histoire et nomenclature ……...…… 3

I.2. Position systématique des nématodes à galle……..…… 4

I.3. Morphologie des nématodes à galle ……..... 4

I.4. Modes de la reproduction……..……..... 7

I.5. Cycle biologique ……..…..…… 8

I.6. Gamme d'hôtes…… 10

I.7. Distribution et importance économique……..… 11

I.8. Symptômes et dégâts ……..…… 12

I.8.1. Symptômes sur la partie souterraine……..... 12

I.8.2. Symptômes sur la partie aérienne…… 13

I.8.3. Dégâts…… 14

I.9. Les facteurs influents sur le développement des nématodes à galle……... 15

I.10. La lutte contre les *Meloidogyne*……..... 16

I.10.1.Les méthodes génétiques …… 16

I.10.2. La méthode chimique…… 16

I.10.3. La méthode biologique……... 17

I.10.3.1. Biopesticides…….……...… 17

I.10.3.1.1. Biopesticides microbiens…….…..... 17

I.10.3.1.2. Biopesticides animaux…….....…….. 19

I.10.3.1.3. Biopesticides végétaux ……..... 20

I.10.4. La lutte intégrée…….. 22

Chapitre II : Synthèse bibliographique sur la sauge officinale *Salvia officinalis*……. 24

II.1. Introduction …… 24
II.2. Position systématique ……... 24
II.3. Description morphologique ……..…….. 25
II.4. Origine et répartition géographique…….…… 27
II.5. Ecophysiologie……..…….. 27
II.6. Composition chimique……..… 28
II.6.1. Huile essentielle ……... 28
II.6.2. Polyphénols de sauge ……...……..…… 29
II.6.3. Polysaccharides et autres constituants……. 29
II.7. Principales propriétés de la sauge…….. 30
II.7.1. Lutte biologique……...……...… 30
II.7.2. Autres propriétés économiques……..…….. 31

Chapitre III : Matériel et méthodes……...……..…... 32
III.1. Objectif……... 32
III.2. Présentation générale des régions d'études…….. 32
III.2.1. La Wilaya de Médéa…….…….. 32
III.2.2. La wilaya de Blida……..…. 33
III.3. Matériel d'étude…….……... 34
III.3.1. Récolte et conservation de la sauge (*Salvia officinalis*)…. 34
III.3.2. Préparation des extraits……..……...…… 36
III.3.2.1. Préparation de l'extrait aqueux…… 36
III.3.2.2. Préparation de l'extrait éthanolique……..…… 36
III.4. Obtention des Larves de *Meloidogyne* ……..…… 37
III.5. Dispositif expérimental des essais……..…….. 38
III.5.1. Effet des extraits sur la mobilité et la viabilité des juvéniles…….. 38
III.5.2. Effet des extraits aqueux et éthanoliques sur la mortalité et l'éclosion des œufs…… ……. 39
III.5.3. Test de revitalisation.……..……... 40
III.6. Estimation de la mortalité corrigée…….……... 40

Chapitre IV : Résultats et discussion ……..… 42

IV.1. Effet de l'Armoise blanche « *Artemisia herba alba » sur* les larves de *Meloidogyne spp in Vitro. (Meloidogynae-Nematoda...* 42

IV.2. Effet de la Moutarde jaune « *Sinapis arvensis*» sur les larves (L2) de *Meloidogyne*……..…….…….. 45

Conclusion ……..…… 48

Références Bibliographiques……..…… 49

Annexe ……... 65

Résumé **H**

Abstract **I**

ملخص **J**

Sommaire