REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES

Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de **Master**

En Sciences de la nature et de la vie

Spécialité : Phytopathologie

Par :

MELLAK Fatima
MOUFFAK Yousra

Thème :

Etude comparative de l'effet des biocides d'origine végétale dans le contrôle des nématodes à galle du genre *Meloidogyne*

Soutenue publiquement le : 18 /06 /2023, Devant le jury composé de :

Mme TCHAKER F.Z.	**MCA**	U. Médéa	Président
Mme SAHARI N.	**MCB**	U. Médéa	Examinateur
Mme SAFIDDINE F.	**MCB**	U. Médéa	Encadrant
Mme SLIFI M.	**DOCTORANTE**	U. Médéa	Co-encadrant

Année universitaire 2022/2023

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à exprimer nos gratitude envers Allah, car c'est grâce à Lui que nous avons pu atteindre ce niveau.

Alors qu'on apporte les touches finales à ce mémoire, Nous souhaitons remercier chaleureusement les personnes qui nous ont aidé tout au long de sa réalisation. Nos sincères remerciements vont à notre promotrice, Mme ***SAFIDDINE Fadhéla****, pour son soutien moral, ses précieux conseils et son orientation tout au long de ce travail de recherche.*

Nos remerciements également pour notre Co-promotrice Mme ***SLIFI Malika*** *pour son soutien son aide et sa patience durant la réalisation de ce travail.*

Nous tenons également à remercier les membres du jury, notamment Mme TCHAKER F.Z., d'avoir accepté de présider le jury, ainsi que Mme SAHARI N., pour avoir honoré notre mémoire en l'examinant.

Notre reconnaissance et notre gratitude vont à tous les enseignants, responsables et agents du Département d'Agronomie de l'Université Dr Yahia Farés de Médéa, sans exception, pour leur contribution et leur soutien.

Enfin, nous souhaitons exprimer nos remerciements à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Leur aide a été précieuse. Merci à tous et à toutes.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma mère FATIMA ZAHRA, ma fierté et mon courage ;

A mon trésor éternel et raison de ma vie, symbole du sacrifice
À mon père TURKIE.

A mes sources de confiance et d'énergie BOUCHRA et DOUA
A toute la famille MOUFFAK et TOUIMER …

A tous mes amies fidèles et à toute la promotion de phytopathologie 2022/2023

A toutes les personnes que j'aime

Yousra…

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma mère NABIHA ma fierté et mon courage ;

A mon trésor éternel et raison de ma vie, symbole du sacrifice
À mon père SAID.

A toute la famille MELLAK et BEROUISSI …

A mes fidèles amies : BOUCHRA et MADINA
….que le destin nous réunis pour n'être qu'un seul, et dont la vie nous a appris le respect de soi et comment partager ensemble les moments les plus heureux comme les plus Pénibles……A ma promotion.

A toutes les personnes que j'aime

FATIMA…

RESUME

Ce travail a pour objectif de comparer deux études antérieures portant sur l'effet d'un biocide d'origine végétale sur les nématodes à galle du genre *Meloidogyne*. Les deux études ont utilisé une approche à la fois *in vitro* et *in vivo*. L'objectif principal est d'évaluer l'efficacité du biocide pour la gestion des nématodes à galle dans les cultures agricoles en utilisant la plante *Urginea maritima*, connue pour ses propriétés potentiellement biocides.

L'approche *in vitro* a consisté à utiliser des extraits aqueux de feuilles et de bulbes *d'Urginea maritima* à deux doses différentes : la dose D1 (pure) et la dose D2, qui représente 6,25% de la solution pure. L'effet toxique des différents traitements sur les larves L2 de *Meloidogyne* a été évalué après 24, 48 et 72 heures d'immersion.

L'approche *in vivo* a consisté à étudier l'effet des amendements organiques à base *d'Urginea maritima* sur le nombre de galles des nématodes à galles du genre *Meloidogyne* sur les plants de tomate. Les produits ont été appliqués comme des amendements organiques apportés au sol sous deux formes (fraîche et sèche) aux doses D1 (4,98 g) et D2 (2,49 g/pot).

Les résultats des deux études ont montré un effet nématicide des traitements dans les deux approches (*in vivo* et *in vitro*). Pour l'approche *in vitro*, l'effet du bulbe et des feuilles était similaire à la forte dose (D1), cependant, à la faible dose (D2), l'effet était individualisé et significatif des feuilles par rapport au bulbe. Pour l'approche *in vivo*, les résultats ont illustré un effet remarquable des feuilles et du bulbe sur le nombre de galles, cependant, des différences non significatives ont été enregistrées en termes de traitements et de doses.

Mots clé : *in vivo, in vitro*, amendement organique, extrait aqueux, *Meloidogyne*.

دراسة مقارنة لتأثير مبيدات الأعشاب النباتية في مكافحة نيماتودات الجذور من جنس *Meloidogyne*

ملخص

يهدف هذا العمل إلى مقارنة دراستين سابقتين تناولتا تأثير مبيد نباتي على نيماتودات الجذور من جنس Meloidogyneباستخدام نهجين في المختبر وفي الميدان. الهدف الرئيسي هو تقييم فعالية المبيد لإدارة نيماتودات الجذور في المحاصيل الزراعية باستخدام نبات *Urginea maritima* ، والمعروف بخصائصه الحيوية الكامنة.

تضمن النهج في المختبر استخدام مستخلصات مائية من أوراق وبصلات *Urginea maritima* بجرعتين مختلفتين: الجرعة D1 النقية والجرعة D2 التي تمثل 6.25٪ من المحلول النقي. تم تقييم التأثير السام للمعالجات المختلفة على اليرقات L2 من *Meloidogyne* بعد 24 و 48 و 72 ساعة من الغمر.

وشمل النهج في الميدان دراسة تأثير السماد العضوي على أساس *Urginea maritima* على عدد العقد النيماتودية في نباتات الطماطم. تم تطبيق المنتجات كسماد عضوي على التربة بشكلين (طازج وجاف) بجرعات D1(4.98 جرام) و D2 (2.49جرام / وعاء)

أظهرت نتائج الدراستين تأثيرًا نيماتوديًا للمعالجات في كلا النهجين في المختبر وفي الميدان. بالنسبة للنهج في المختبر، كان تأثير الجذور والأوراق مماثلاً في الجرعة العاليةD1 ، ومع ذلك، في الجرعة الضعيفة D2، كان التأثير متفردًا وملحوظًا للأوراق مقارنة بالجذور. فيما يتعلق بالنهج في الميدان، أوضحت النتائج تأثيرًا ملحوظًا لكل من الأوراق و الجذور على عدد العقد، ومع ذلك، تم تسجيل اختلافات غير ملحوظة من حيث المعالجات والجرعات.

الكلمات مفتاح: في الميدان، في المختبر، سماد عضوي، مستخلص مائي، .*Meloidogyne*

Comparative Study of the Effect of Plant-Based Biocides in the Control of Meloidogyne Gall-Forming Nematodes

Abstract

This work aims to compare two previous studies that investigated the effect of a plant-based biocide on Meloidogyne gall-forming nematodes using both in vitro and in vivo approaches. The main objective is to evaluate the efficacy of the biocide for managing gall-forming nematodes in agricultural crops using Urginea maritima, a plant known for its potential biocidal properties.

The in vitro approach involved the use of aqueous extracts of Urginea maritima leaves and bulbs at two different doses: the pure D1 dose and the D2 dose, which represents 6.25% of the pure solution. The toxic effect of the different treatments on Meloidogyne L2 larvae was evaluated after 24, 48, and 72 hours of immersion.

The in vivo approach involved studying the effect of organic amendments based on Urginea maritima on the number of galls caused by Meloidogyne gall-forming nematodes in tomato plants. The products were applied as organic amendments to the soil in two forms (fresh and dry) at D1 (4.98 g) and D2 (2.49 g/pot) doses.

The results of both studies showed a nematicidal effect of the treatments in both in vivo and in vitro approaches. For the in vitro approach, the effect of the bulb and leaves was similar at the high D1 dose, however, at the low D2 dose, the effect was individualized and significant for the leaves compared to the bulb. For the in vivo approach, the results illustrated a remarkable effect of both the leaves and bulb on the number of galls, however, non-significant differences were recorded in terms of treatments and doses.

Keywords : *in vivo*, *in vitro*, organic amendment, aqueous extract, *Meloidogyne*.

TABLE DE MATIERES

REMERCIEMENTS
DEDICACE
RESUME
ABSTRACT
الملخص
TABLE DE MATIERE
LISTE DES FIGURES
LISTE DES TABLEAUX
INTRODUCTION…… **1**

CHAPITRE I : Donnée bibliographiques sur les nématodes à du genre *Meloidogyne*

I.1. Généralités sur les nématodes du genre *Meloidogyne spp* **3**
I.2. Position systématique…… **3**
I.3. Description morphologique …….. **4**
I.4. Cycle biologique…….. **8**
I.5. Répartition géographique de *Meloidogyne*…….. **11**
I.6. Écologie des nématodes…… **12**
I.7. Symptômes et dégâts …… **13**
I.7.1. Symptômes sur la partie souterraine …… **13**
I.7.2. Symptômes sur la partie aérienne……. **14**
I.8. Facteurs affectant le développement et la dynamique des populations des *Meloidogyne* …… **15**
I.8.1 Facteur du sol ……..……. **15**
I.8.1.1. pH de sol ……... **15**
I.8.1.2. Texture et structure du sol …….. **15**
I.8.1.3. Salinité …… **15**
I.8.1.4. Teneur en eau (L'humidité) ……. **16**
I.8.1.5. Aération …….. **16**
I.8.1.6. Teneur en matière organique …… **16**
I.8.1.7. Température …….. **16**
I.8.2. La saison ……... **17**

I.9. Réponse des plantes à l'infection de *Meloidogyne*…… **17**

Chapitre II : Donnée bibliographiques sur la stratégie de lutte contre les *Meloidogyne*

19

II.1. Méthodes de luttes contre les nématodes du genre *Meloidogyne*

II.1.1. Les méthodes chimiques …… **19**

II.1.2. Amendements organiques …….. **20**

II.1.3. La lutte génétique……..……. **21**

II.1.4. Les méthodes culturales …….. **21**

II.1.4.1 La gestion des outils de travail du sol……. **21**

II.1.4.2 La gestion de l'irrigation …… **22**

II.1.4.3 La rotation culturale …… **22**

II.1.5. La lutte physique …… **22**

II.1.5.1. La désinfection par vapeur d'eau…… **22**

II.1.5.2. La solarisation…… **22**

II.1.6. La lutte biologique……..…… **23**

II.1.6.1 Les champignons mycorhizes…….. **23**

II.1.6.2. Les champignons prédateurs…….. **24**

I.1.6.3. Les champignons endoparasites des œufs……... **25**

II.1.6.4. Les nématophages à spores adhésives…… **25**

II.1.6.5. Biopesticides d'origine animale…….. **26**

II.1.6.6. Biopesticides d'origine végétale……. **26**

II.1.6.7. Les avantages des biopesticides…… **28**

II.1.6.8. Les inconvénients des biopesticides…….. **28**

II.1.7. La lutte intégrée…… **29**

CHAPITRE III : Donnée bibliographiques sur *Urginea maritima*

III.1. Généralité sur la plante…… **31**

III.2. Position systématique…….. **31**

III.3. Description botanique…….. **32**

III.4. Cycle de vie *d'Urginea maritima* …… **35**

III.5. Biotope et distribution géographique…….. **35**

III.6. Principes phytochimiques et toxicité…….. **36**

III.6.1. Autres Constituants chimiques de la plante……. **38**
III.7. Intérêt et utilisation…… **38**
III.7.1. Utilisation agronomique…… **38**
III.7.2. Utilisations raticides…….. **39**
III.7.3. Autre utilisation……. **39**

Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV.1. Objectif ……..……..... **40**
IV.2. Préparation des traitements…… **40**
IV.2.1. Préparation des amendements organiques…….…….. **41**
IV.2.2. Préparation des broyats frais de *l'Urginea*…….. **41**
IV.2.3. Préparation des extraits aqueux……..... **41**
IV.2.4. Préparation des doses…… **41**
IV.3. Obtention des Larves L2 de *Meloidogyne*…….. **42**
IV.4. Effet *in vitro* des extraits sur la mobilité et la viabilité des juvénile…… **42**
IV.5. Effet *in vivo* des amendements organiques sur les larves de *Meloidogyne*…… **43**
IV.5.1. Préparation du sol…….. **43**
IV.5.2. Préparation des pots traités……. **43**
IV.5.3. Préparation du matériel végétal…….. **43**
IV.5.4. Dispositif expérimental des essais……. **43**
IV.5.5. Effet sur le taux d'infestation des plants de tomate…… **44**
IV.6. Analyses des données…….. **44**
IV.6.1 Analyses de variance ……. **44**
IV.6.2 Logiciel utilisé…….. **44**

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1 Evaluation *in vitro* de l'efficacité des extraits aqueux des différentes parties de *l'Urginea maritima* sur les nématodes à galles *(Meloidogyne)*…… **45**
V.1.1. Evaluation de la toxicité des traitements utilisés sur les larves de *Meloidogyne spp*…….. **45**
V.1.2. Toxicité des extraits aqueux de la partie aérienne…… **46**
V.1.3. Toxicité des extraits aqueux de la partie racinaire (le bulbe) **47**
V.1.4. Toxicité comparée des extraits des feuilles et de bulbe

d'Urginea maritima sous l'effet de différentes doses……. **48**

V.2. Evaluation *in-vivo* de l'efficacité des feuilles et de bulbe *d'Urginea maritima* dans la régulation du développement des nématodes à galles……. **49**

V.2.1. Effet sur le degré d'infestation par les *Meloidogyne* (Nombre de galles)……. **49**

V.2.2. Toxicité comparée des extraits des feuilles et de bulbe *d'Urginea maritima* sous l'effet de différentes doses…… **52**

V.3. Comparaison entre l'effet *in-vivo* et *in-vitro* des feuilles et de bulbe *d'Urginea maritima* sur les nématodes à galle du genre *Meloidogyne* **53**

V.4. Discussion…….. **55**

CONCLUSION……. **58**

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE……. **60**

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Schéma représentant la morphologie de juvénile du deuxième stade, de *Meloidogyne*…….. **05**

Figure I.2 : Schéma représentant la morphologie d'une femelle de *Meloidogyne*……... **06**

Figure I.3 : Schéma représentant la morphologie d'un male de *Meloidogyne* **07**

Figure I.4 : Cycle biologique des nématodes des à galles : Meloidogyne *sp* **10**

Figure I.5 : Galles sur les racines de tomates [A] et de Concombre [B] infectées par *Meloidogyne incognita*……... **14**

Figure I.6 : Symptômes des *Meloidogyne* sur la partie aérienne……. **14**

Figure I.7 : Flétrissement de la partie aérienne de Concombre infectées par *Meloidogyne* …….. **15**

Figure II.1 : Désinfection chimique au moyen de fumigants nématicides **20**

Figure II.2 : Schéma d'Arbuscules mycorhiziens dans les cellules de l'hôte végétal ……. **24**

Figure II.3 : Schéma du champignon *Arthrobotrys Irregularis* piégeant juvénilesde *Meloidogyne*……... **24**

Figure II.4: *Paecilomyces Lilacinus* parasites des œufs de *Meloidogyne* ….. **25**

Figure II.5 : Spores adhésives sur la cuticule d'un Nématode…… **26**

Figure III.1: Plante d'*Urginea maritima (Drimia maritima)* ValentinVallicelli 2015……. **31**

Figure III.2 : Plante entière *d'Urginea maritima* …….. **32**

Figure III.3 : Le bulbe *d'Urginea maritima* ……... **32**

Figure III.4 : Les feuilles d'*Urginea maritima* ……... **33**

Figure III.5: Inflorescence *d'Urginea maritima*…….. **34**

Figure III.6 *:* Partie airienne *d'Urginea maritim a*propos……. **34**

Figure III.7 : Répartition mondiale du genre *Urginea maritima* …… **36**

Figure IV.1 : La Plante compléte d'*Urginea maritima*…….. **40**

Figure V.1 : Evaluation de la toxicité des extraits aqueux *d'Urginea maritima* sur les larves de *Meloidogyne spp*…… **45**

Figure V.2 : Toxicité comparée des extraits aqueux *d'Urginea maritima*sur les larves de *Meloidogyne spp*…… **49**

Figure V.3 : Effet des différents traitements sur le degré d'infestation des racines……. **50**

Figure V.4 : Modulation comparée de nombre de galles selon les différents traitements…….. **53**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III.1 : Principaux composent de la Scille *d'Urginea maritima*……. **37**

Tableau V.1 : Taux de mortalité des larves de *Meloidogyne* spp. sous l'effet des extraits aqueux de la partie aérienne *d'Urginea maritima*……. **46**

Tableau V.2 : Taux de mortalité des larves de *Meloidogyne* spp. sous l'effet des extraits aqueux de bulbe *d'Urginea maritima*…….. **47**

Tableau V.3 : Nombre de galle de *Meloidogyne* spp. sous l'effet des amendements organiques à base de feuilles et de bulbe *d'Urginea maritima*……... **51**

Tableau V.4 : Comparaison par paire de l'activité nématicide des amendements organiques d'origine animale et végétale…… **54**

Liste des abréviations

GLM : Modèle Linéaire Générale (statistique)

ITCMI : Institut Technique des Culture Maraichères et Industrielles

J2 : Juvénile 2

L2 : Larve 2

P : Pur

% : Pourcentage

p **:** Probabilité

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

La forte consommation des produits de cultures maraîchères et la haute valeur ajoutée de leurs intrants offrent une valeur économique importante dans l'agriculture nationale et mondiale. En Algérie, ces cultures occupent une surface de 344 358 hectares soit 8.5% des surfaces consacrées aux cultures herbacées et dont 2.11% des surfaces sont des cultures protégées (Anonyme, 2006). Le mode intensif de conduite de ces cultures est accompagné généralement par une pullulation de certains bio agresseurs notamment les nématodes phytoparasites qui causent près de 14% des pertes de rendement dans le monde (Agrios, 2005). Les nématodes à galles particulièrement constituent les espèces les plus importantes parmi les nématodes phytoparasites dans le monde (Kiewnick, 2006). En Algérie, Ils représentent une menace assez sérieuse sur cultures maraîchères (Sellami et al., 1999). Actuellement, la présence des espèces de *Meloidogyne* est signalée dans presque toutes les zones pratiquant les cultures maraîchères et représentent une menace non négligeable sur ces cultures (Sellami et al., 1999). La lutte chimique est le moyen le plus usité contre ce parasite (IDRIS et al., 1982 ; IQBAL et al., 2004). Elle permet désinfecter les couches superficielles du sol (CASTAGNONE-SERENO, DJIAN-CAPORALINO, 2011). Leur efficacité est en effet indéniable, du fait que ces produits ont eu souvent des effets positifs sur l'amélioration des rendements et la qualité des produits agricoles. (MEDJAHED, 2010). En revanche, leur utilisation est très néfaste à la santé humaine ainsi qu'à l'environnement s'expliquant par l'accumulation des résidus toxiques au niveau des récoltes et ne présentent pas une solution intéressante pour la promotion d'une Agriculture durable (BRZESKI ET COOSEMANS, 2005). Pour ces raisons ces nématicides chimiques dangereux et polluants, sont progressivement mis à l'index dans certains pays alors que les solutions de remplacement n'existent pas encore. Devant cette situation, les recherches se sont orientées vers une autre méthode de lutte non polluante qui est la lutte biologique. Parmi les méthodes de lutte biologique nous avons la production de substances nématicides par des végétaux supérieurs qui est connue depuis longtemps par l'efficacité de certains végétaux introduits traditionnellement dans les assolements, en culture intercalaires ou sous forme de broyats. Dans

ce conteste nous avons entrepris ce travail pour comparer l'effet in vitro et in vitro d'un biocide d'origine végétale sur les nématodes à galle du genre *Meloidogyne*, Nous nous concentrons sur l'utilisation de la plante *Urginea maritima*, connue pour ses propriétés potentiellement biocides. Cette comparaison entre les approches in vitro et in vivo nous permettra de mieux comprendre l'efficacité du biocide et son potentiel d'utilisation pour la gestion des nématodes à galle dans les cultures agricoles. Pour réaliser notre étude, nous avons adopté la méthodologie suivante : Une analyse bibliographique avec trois chapitres

- Chapitre 1 : Synthèse bibliographique sur *l'Urginea maritima*
- Chapitre 2 : Synthèse bibliographique sur les nématodes à galle du genre Meloidogyne
- Chapitre 3 : Synthèse bibliographique sur les méthodes de lutte contre les *Meloidogyne*.
- Chapitre 4: présente la méthodologie suivie dans notre étude.
- Chapitre 5 : expose les résultats obtenus et la discussion Conclusion générale

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I

Données bibliographiques sur les nématodes à galle du genre Meloidogyne

CHAPITRE I : Données bibliographiques sur les nématodes à galle du genre Meloidogyne

I.1. Généralités sur les nématodes du genre *Meloidogyne spp*

Les nématodes du genre *Meloidogyne spp*, appelés communément nématodes à galles ou nématodes des racines noueuses, sont les ravageurs les plus nuisibles sur culture maraichères dans les pays tropicaux ou des climats chauds. Ces endoparasites sédentaires sont largement répandus dans le monde et se développent sur plus de 3000 espèces végétales comprenant les cultures maraîchères, ornementales et arboricoles **(Castagnone-Sereno, 2002).** La présence du nématode a été signalée pour la première fois par Délassés en 1928 dans les zones maraîchères de la Mitidja **(Scotto La Massèse, 1962).** Ce nématode est toujours considéré comme le plus redoutable sur ces cultures.il est présent dans la quasi-totalité des parcelles des zones maraîchères du pays **(Mokabli, 1988 ; Sellai et *al*. 1999).**IL existe plus de 80 espèces décrites dans le monde dont quatre espèces représentent une importance économique particulière **(Castagnone-Sereno, 2002).**

Les trois premières espèces : *Meloidogyne arenaria* **(Neal, 1889),***Meloidogyne javanica* **(Treub,1885)** et *Meloidogyne incognita* **(Kofoid and White, 1919)** sont inféodées aux régions à climat chaud, en revanche *M.hapla* supporte les climats plus froids, elle est très fréquente dans les pays nordiques. **(Castillo et *al*. 2006 ; Agudelo et *al*. 2006)**.

I.2. Position systématique

La classification des *Meloidogyne* que nous avons adoptés est celle préconisée par **Karssen et Moens 2005 :**

Règne : animalia (metazoa)

Phylum : Nematoda

Classe : Secernentea

Ordre : Tylenchida

Famille : Heteroderoîdae

Genre : *Meloidogyne* **(Goeldi, 1892).**

I.3. Description morphologique

La nématologie est vraiment devenue une discipline scientifique au 19e siècle lorsque Berkeley publie en 1855 une description du nématode cécidogène *Meloidogyne* sur le concombre et que Schacht publie en 1859 une description du nématode à kyste *Heterodera schachtii* Schmidt sur la betterave sucrière. Au cours des années 1940, l'avènement de la fumigation du sol a permis de démontrer dans plusieurs systèmes de production agricole que les nématodes étaient d'importants ravageurs des cultures. **(GUY Bélair) 2005.**

Les *Meloidogyne* sont des phytoparasites obligatoires vivants à l'intérieur des racines de la plante hôte ; ils sont caractérisés par un dimorphisme sexuel très prononcé. Ce sont des vers microscopiques de forme cylindrique et allongée à symétrie bilatérale dont le corps est enfermé d'une cuticule assez résistante **(Raynal et *al*. 1989).**La tête comprend une bouche à l'intérieur de laquelle peut se mouvoir un stylet d'une longueur de 16 µm qui perce les tissus végétaux et permet au nématode de se nourrir. Ce stylet est suivi d'un canal œsophagien aboutissant à un bulbe musculeux puissant permettant sa projection vers l'avant **(Cayrol et *a*l. 1993).**

Les œufs en forme d'haricot mesurent 90 µm de longueur et 40 µm de largeur **(Orton, 1973)**, sont pondus dans une masse gélatineuse qui sert d'enveloppe protectrice. A l'éclosion ces œufs libèrent des juvéniles de deuxième stade vont effectuer trois mues avant de devenir adultes **(De Guiran et Netscher, 1970).**

La larve du deuxième stade (L2) libre dans le sol constitue le stade infestant, elle est vermiforme à extrémité postérieure effilée, sa longueur varie de 300 à 500 µm tandis que la largeur est de 10 µm environ. Le stylet fin est composé de renflements basaux et possède un bulbe médian bien développé

(Taylor, 1968 ; Whitehead, 1998). Elle présente une queue effilée de 45 à 59 *U*m de long.

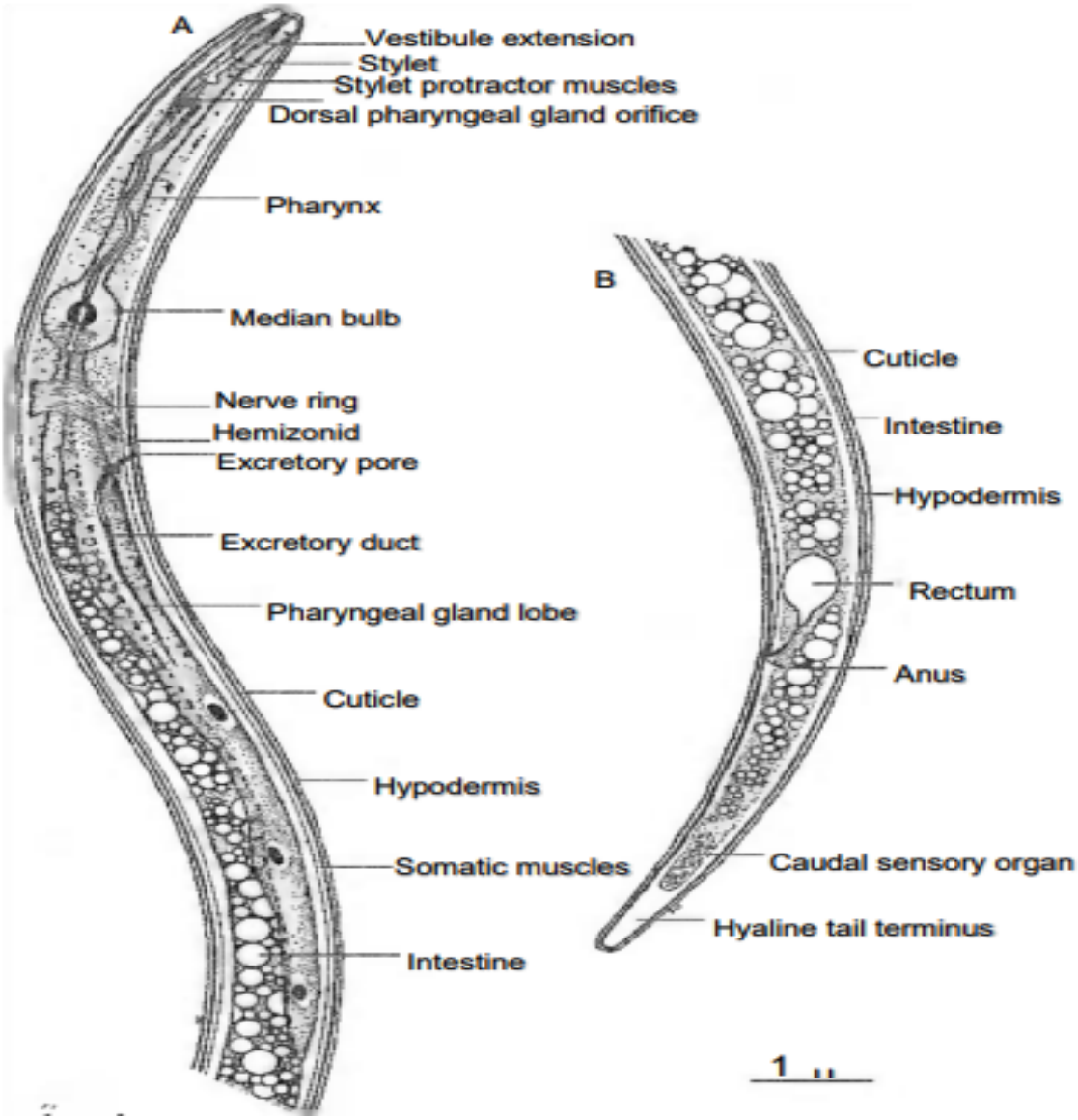


Figure I.1 : Schéma représentant la morphologie de juvénile du deuxième stade, de *Meloidogyne*. **(Eisenback, 1985).**

Au stade adulte, la femelle est globuleuse de couleur blanchâtre et piriforme d'environ 0,5 mm de diamètre et 0,8 mm de longueur (mesure 500 à 700 µm suivant les espèces (LUC et a 1990), Elle présente un intestin très développé, l'appareil génital comporte une paire de gonades occupées à 60% par les ovaires. Le stylet mince mesure 12 à 15 mm de long **(Sasser Et Carter., 1985)**, elle est sédentaire et fixée au système racinaire de l'hôte.

L'adulte femelle pond ses œufs dans une substance gélatineuse Composées d'une matrice de glycoprotéine, Les masses d'œufs se trouvent généralement à la surface des racines (galles), bien qu'elles puissent également être incorporées dans le tissu biliaire. La masse des œufs est d'abord molle, collante et hyaline, mais devient plus ferme et brun foncé avec l'âge. **(Sharon and Spiegel, 1993).**

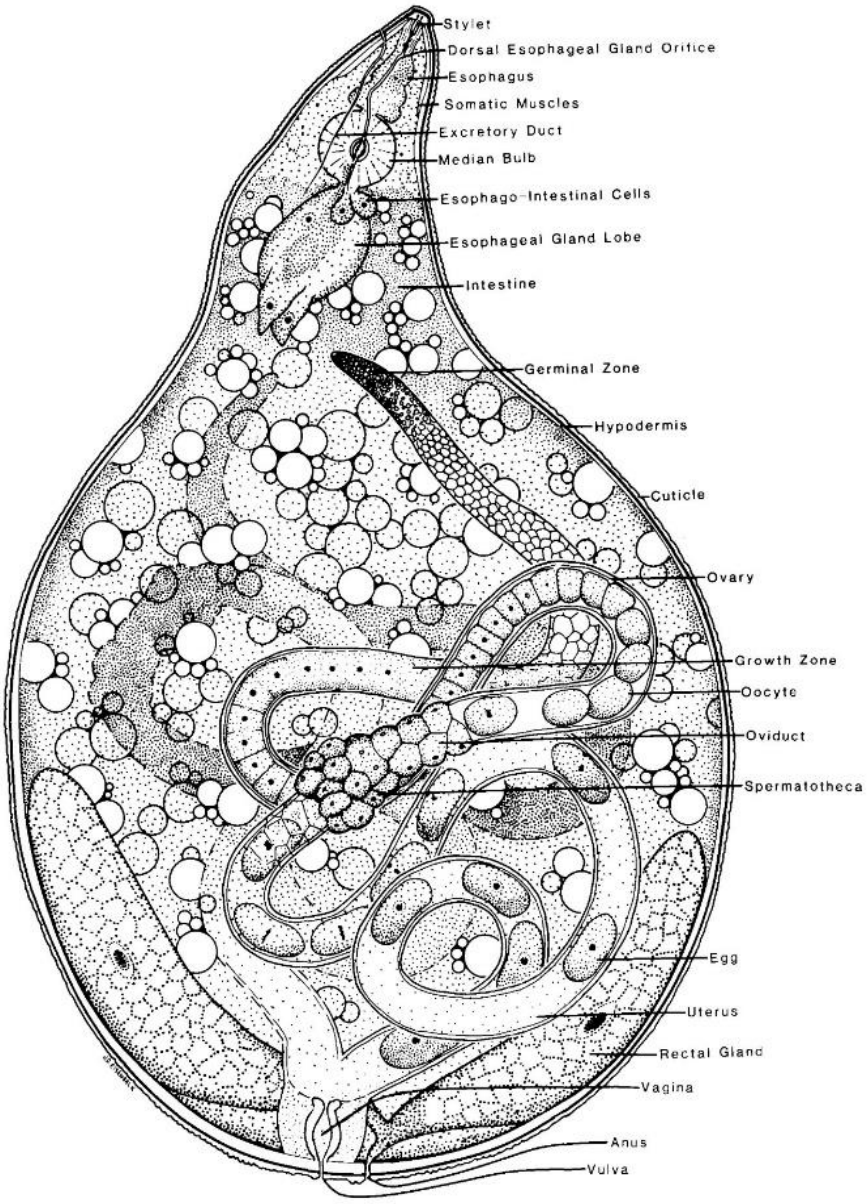


Figure I.2 : Schéma représentant la morphologie d'une femelle de ***Meloidogyne*** **(Eisenback, 1985)**

Les mâles sont mobiles et généralement rares, ils sont filiformes mesure 2 mm de long et 30 µm de diamètre, la tête est arrondie munie d'un stylet court et puissant avec des renflements basaux très marqués de longueur varie de 18 à 25 µm suivant les espèces. Leur action est secondaire sur l'hôte **(Taylor, 1968 ; Hopper et Evans 1993).**

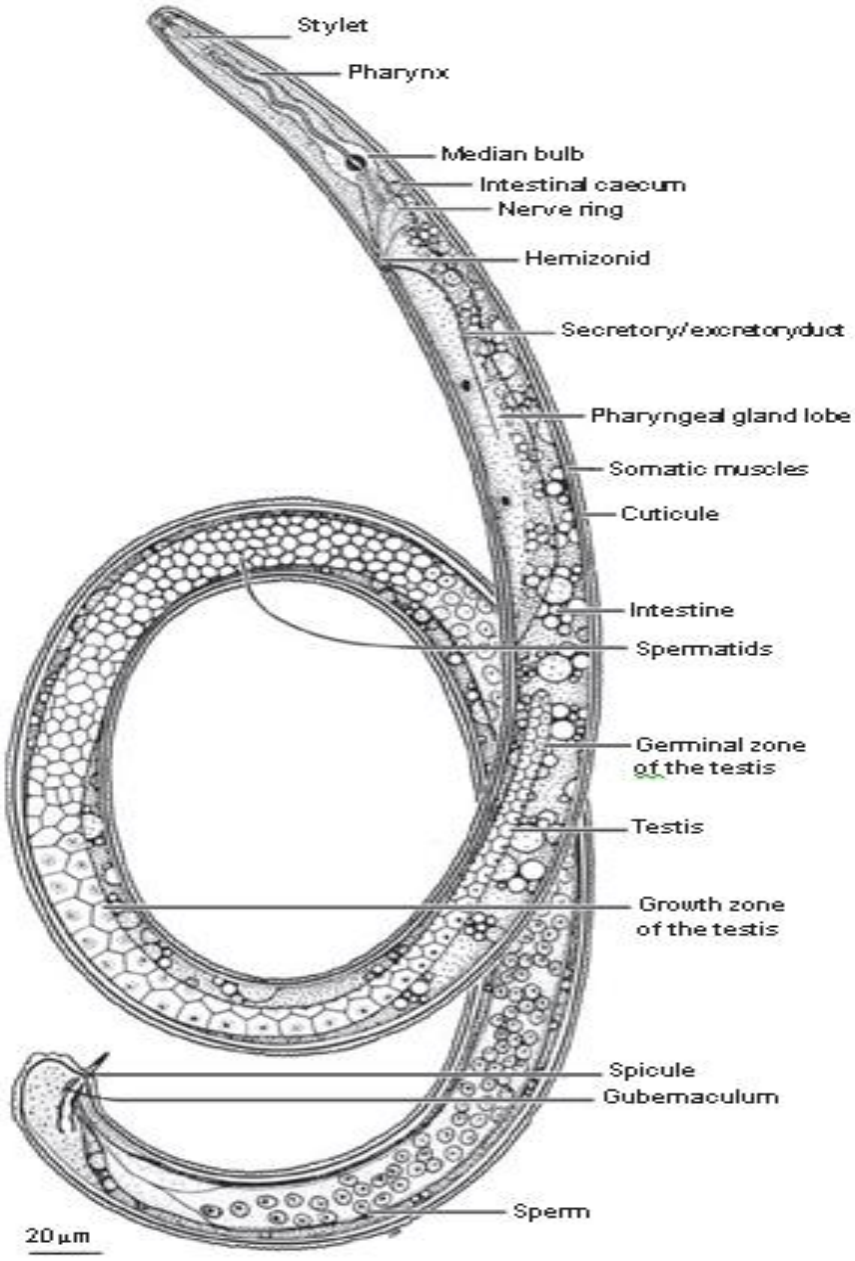


Figure I.3 : Schéma représentant la morphologie d'un male de *Meloidogyne* **(Eisenback, 1985). A :** Régionantérieure ; **B :** Région Postérieure

I.4. Cycle biologique

Le cycle de développement de la plupart des nématodes phytoparasites est en général très similaire d'une espèce à une autre. Les œufs éclosent en larves lesquelles ont une apparence et une structure habituellement semblables aux adultes. Les larves grossissent et chaque stade larvaire se termine par une mue. Tous les nématodes possèdent quatre stades larvaires, avec le premier stade larvaire généralement dans l'œuf. La différenciation sexuelle s'effectue après la quatrième mue. Les femelles produisent des œufs fertiles par reproduction sexuée, parthénogenèse ou hermaphrodisme. Chez certaines espèces, les mâles sont absents **(Guy bélaire, 2005).**

Pour plusieurs espèces, le cycle complet s'effectue en 3-4 semaines en fonction de la température et de la plante. Le deuxième stade larvaire qui est libre dans le sol possède une courte réserve d'énergie et doit se nourrir sur une plante-hôte, sinon c'est la mort de tous les individus de cette espèce dans les quelques mois suivants. En absence d'un hôte favorable, les stades larvaires de certaines espèces peuvent se déshydrater et demeurer en quiescence ou bien les oeufs restent en dormance dans le sol pendant des années. **(Guy bélaire, 2005).**

Les nématodes phytoparasites les plus dommageables au monde appartiennent au type endoparasite sédentaire. Les deux principaux genres de ce groupe sont les nématodes à kystes (*Heterodera* et *Globodera*) et les nématodes à galles (*Meloidogyne*). Chez ces nématodes, la larve de deuxième stade pénètre derrière l'apex de la racine et migre vers les cellules vasculaires en développement. Au cours des premiers stades de développement, les nématodes sont complètement enchâssés dans la racine mais plus tard font saillie sur la racine. La larve de deuxième stade qui est maintenant devenue sédentaire injecte des sécrétions dans les cellules périphériques pour stimuler la formation de cellules nourricières sur lesquelles le nématode se nourrit de manière non destructive tout au long de son développement. Chez les *Heterodera*, les oeufs demeurent à l'intérieur de la femelle, laquelle se dilate en forme de poire. Lorsque la femelle meurt, sa cuticule s'épaissit, se durcit et

se transforme en un kyste. Chez les *Meloidogyne*, les femelles pondent leurs oeufs à l'intérieur ou à l'extérieur de la racine dans une gangue gélatineuse**. (Guy bélaire, 2005).**

Le cycle de développement des *Meloidogyne* s'effectue dans le système racinaire de la plante hôte **(De Guiran, 1983).** Ces larves vont atteindre le stade adulte soit en mâle soit en femelle à partir de la quatrième mue **(De Guiran, 1971).**

L'éclosion des œufs dépend principalement de la température et de l'humidité suffisante, bien que d'autres facteurs, y compris la diffusion et la génération des racines, sorte que le L2 éclose lorsque les conditions sont favorables au mouvement et à l'emplacement de l'hôte. Dans le sol, les larves du deuxième stade L2 sont vulnérables et doivent localiser un hôte le plus rapidement possible, ces derniers sont attirés par les racines, et il est prouvé que lorsque des racines végétales résistantes et sensibles sont présentes, les racines sensibles sont plus attrayantes **(Curtis et al.2009)**

Les juvéniles du deuxième stade pénètrent dans la zone sous-apicale des racines en croissance, En se déplaçant intra cellulairement (partie molle a intenses activités métabolique), Le J2 invasif commence à se nourrir après avoir envahi la racine, et s'est déplacé à travers la racine pour initier et développer un site d'alimentation permanent l'alimentation du L2 sur les cellules proto-xylèmes et proto-phloèmes incite ces cellules à se différencier en cellules infirmières spécialisées, appelées cellules géantes. Une fois qu'une cellule géante est lancée, le nématode devient sédentaire et s'agrandit considérablement pour prendre une forme de saucisse, **(Agrios, 2005).**

Dans des conditions favorables, l'étape L2 mue vers le juvénile de troisième étape (L3) *après* 14 jours, puis jusqu'au quatrième stade juvénile (L4), et enfin au stade adulte. Le temps combiné pour les étapes J3 et J4 est beaucoup plus court que pour le J2 ou l'adulte, généralement 4-6 jours. Les males sortent des racines et se déplacent dans le sol ou ils vivent au dépend de leurs réserves (à 50% lipidique) contenu dans l'intestin. Les mâles peuvent être

trouvés chez les espèces parthénogénétiques lorsque les conditions sont défavorables au développement des femelles **(Radwald, 1978).**

Les femelles restent fixées, et au bout de15 à 30 jours commencent à pondre des œufs à l'extérieur des racines (1000 à 2000 œufs) contenus dans une matrice gélatineuse prennent un aspect globuleux. 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 cycle développement des meloidogyne (figure04) s'effectue dans le système racinaire de la plante hôte **(De Guiran, 1985).**

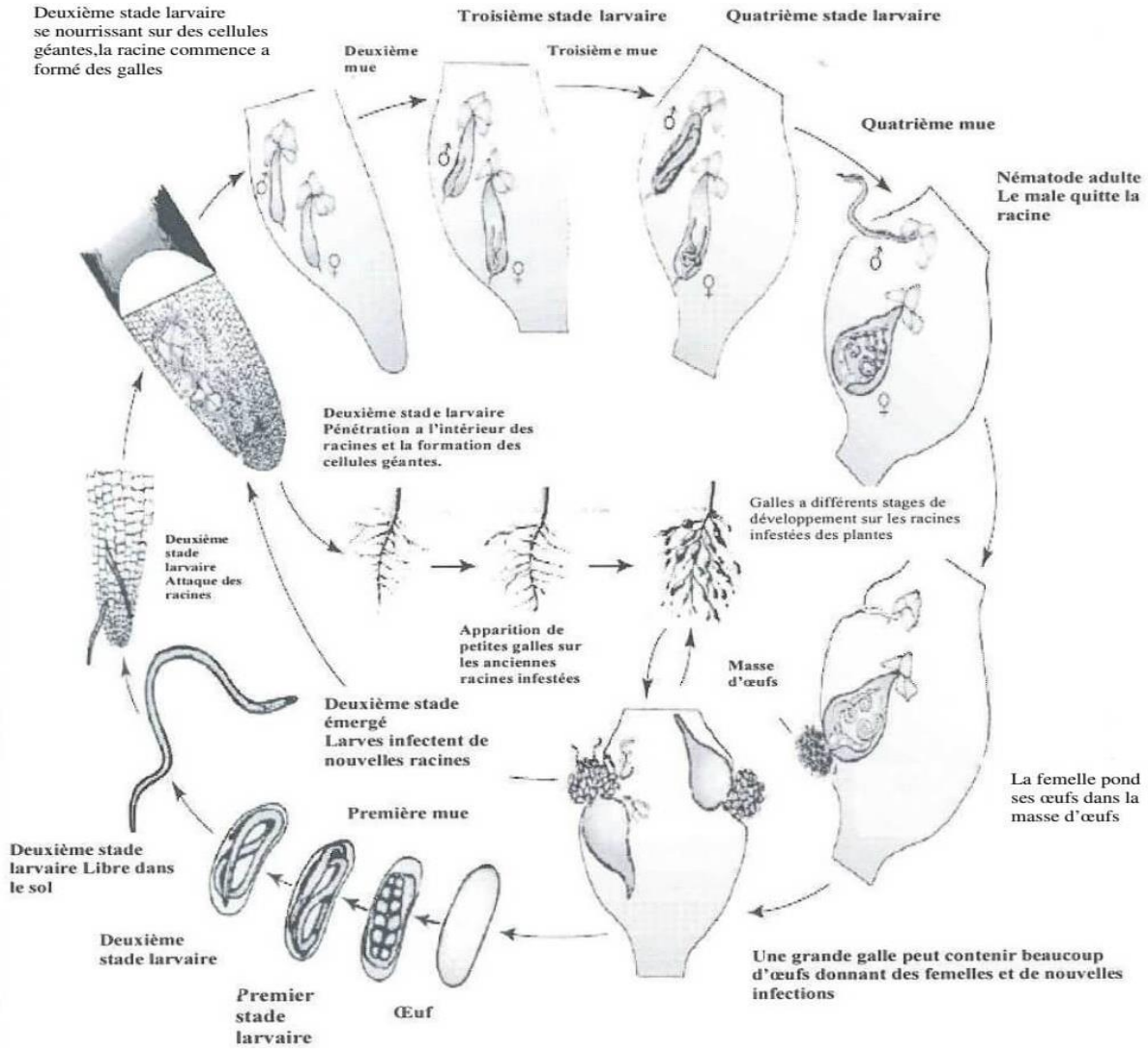


Figure I.4 : Cycle biologique des nématodes des à galles : Meloidogyne *sp*

(Agros, 2005)

1.5. Répartition géographique de *Meloidogyne*

Les *Meloidogyne* **spp.** (root-knot nematodes), sont mondialement répandus et affectent plus de 3000 plantes. Plusieurs espèces sévissent sur tabac. *Meloidogyne incognita* et *Meloidogyne javanica* **(Kofoid et White, 1919 ;Treub, 1885)** qui sont les plus largement répandus et les plus dommageables. Cette dernière espèce est plus tolérante à la sécheresse et aux températures élevées. On les retrouve pratiquement dans tous les pays du monde producteurs de tabac. Ils sont considérés, dans la plupart d'entre eux, comme des facteurs limitants majeurs de la production de cette plante. Deux autres espèces, *Meloidogyne arenaria* **(Neal,1889)** et *Meloidogyne hapla* **(Chitwood, 1949)** ont une répartition plus réduite et provoquent des dégâts moins importants. Ces espèces sont rapportées principalement en Afrique du Sud, aux USA, dans quelques pays d'Océanie et d'Europe. *M. hapla* est plutôt localisé dans les régions froides, on le retrouve notamment au Canada**. (Blancard 2013).**

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 & Fernandez, 2005).** Parmi plus de 1000 populations de nématodes à galles collectées dans 75 pays, 53% de ces populations ont été identifiées comme appartenant à l'espèce *M. incognita*, 30% à l'espèce M. javanica*, 8% à M. arenaria*, 7% à l'espèce *M. hapla* et 2% à *M. exigua* ou d'autres espèces peu représentées. *M. incognita* et M. javanica se retrouvent souvent dans les régions tropicales, tandis que *M. arenaria*, qui est également présent sporadiquement dans les régions tropicales, est plus fréquente dans les régions subtropicales. *M. hapla* est une espèce commune des régions tempérées, qui est retrouvée aussi dans les hautes-terres froides des régions tropicales **(Sikora & Fernandez, 2005).**

En Algérie les nématodes sont actifs dans les sols chauds et humides, cas à Biskra et dans le littoral aux sols sableux et légers (Alger, Mostaganem, Jijel, Tipaza) et voient leur développement ralentir dans les sols froids (hauts-plateaux) **(Mokabli, 1988).**

I.6. Écologie des nématodes

Les nématodes phytoparasites les plus dommageables au monde appartiennent au type endoparasite sédentaire. Les deux principaux genres de ce groupe sont les nématodes à kystes (*Heterodera* et *Globodera*) et les nématodes à galles (*Meloidogyne*). Chez ces nématodes, la larve de deuxième stade pénètre derrière l'apex de la racine et migre vers les cellules vasculaires en développement. Au cours des premiers stades de développement, les nématodes sont complètement enchâssés dans la racine mais plus tard font saillie sur la racine. La larve de deuxième stade qui est maintenant devenue sédentaire injecte des sécrétions dans les cellules périphériques pour stimuler la formation de cellules nourricières sur lesquelles le nématode se nourrit de manière non destructive tout au long de son développement. Chez les *Heterodera*, les oeufs demeurent à l'intérieur de la femelle, laquelle se dilate en forme de poire. Lorsque la femelle meurt, sa cuticule s'épaissit, se durcit et se transforme en un kyste. Chez les *Meloidogyne*, les femelles pondent leurs oeufs à l'intérieur ou à l'extérieur de la racine dans une gangue gélatineuse. (**Guy Bélair ,2005)**

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

I.7. Symptômes et dégâts

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)**, La taille est à peu près proportionnelle à la durée de l'infection.

I.7.1. 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)**, La taille est à peu près proportionnelle à la durée de l'infection.

Les symptômes caractéristiques de la maladie apparaissent sur les parties souterraines des plantes. Les racines infectées développent les galles typiques du nodule, dont le diamètre est de deux à plusieurs fois supérieur à celui de la racine saine. Plusieurs infections le long de la racine donnent à cette dernière un aspect rugueux et cagneux. Les racines infectées par certaines espèces de nématodes développent également un système racinaire buissonnant En général. Cependant, les racines infectées restent plus petites et présentent des nécroses et des pourritures, surtout en fin de saison. Lorsque les tubercules ou d'autres organes souterrains charnus, comme les carottes, les pommes de terre, les arachides, sont attaqués, ils produisent de petits renflements à leur surface, qui deviennent assez proéminents et provoquent des déformations ou des fissures Les racines des arbres sont également attaquées par les nématodes des racines et développent des galles. **(De Guiran, 1983 ; Karajeh et *al*. 2005)**,

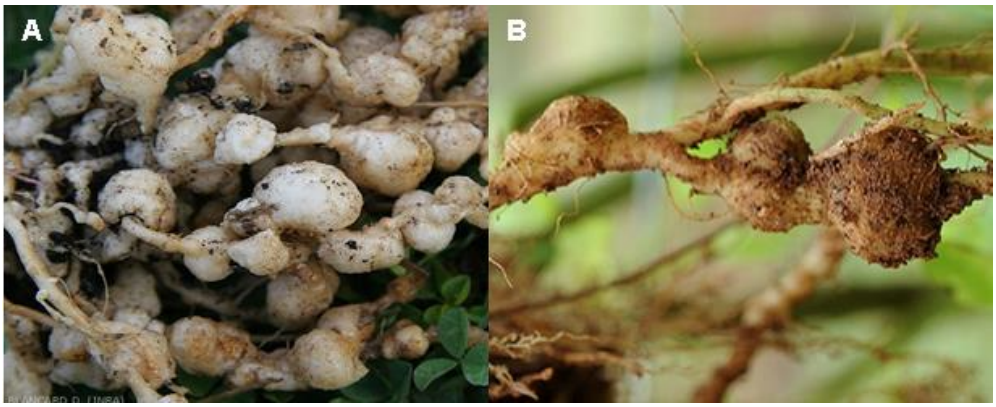


Figure I.5 : Galles sur les racines de tomates [A] et de Concombre [B] infectées par *Meloidogyne incognita*.**(BLANCARD D. 1988).**

I.7.2. Symptômes sur la partie aérienne

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

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

Les plantes touchées persistent généralement tout au long de la saison de croissance et sont rarement tuées prématurément.



Figure I.6 : Symptômes des *Meloidogyne* sur la partie aérienne **(Blancard D. 1988).**



Figure I.7 : Flétrissement de la partie aérienne de Concombre infectées par *Meloidogyne* **Blancard D. (1988)**

I.8. Facteurs affectant le développement et la dynamique des populations des *Meloidogyne*

I.8.1. Facteur du sol

1.8.1.1. pH de sol

Les sols neutres ou plus ou moins acides favorisent l'éclosion des œufs des nématodes à galles mais au-dessous de 5,2 cette dernière est inhibée **(Hammache, 2010).** 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

1.8.1.2. Texture et structure du sol

Le *Meloidogyne* se rencontrent dans tous les types de sol et ceux-ci influencent plus ou moins fortement le déplacement des juvéniles. La sévérité des attaques des Meloidogyne varie en fonction de la nature du sol, les dégâts,sont plus importants dans les sols sableux, avec la présence d'une macroporosité et microporosité importantes peuvent fournir aux nématodes toutes les conditions favorables et adéquates pour leur prolifération.

1.8.1.3. Salinité

Une concentration en sel trop élevée inhibe le déplacement des larves de 2éme stades **(Prot, 1978).** Ce même auteur a pu démontrer que les

juvéniles de *Meloidogyneincognita* se regroupent dans la zone ou la concentration des sels est plus faible

1.8.1.4. Teneur en eau (L'humidité)

Les *Meloidogyne* ne supportent pas une humidité trop élevée. L'excès d'eau inhibe l'éclosion des œufs, ralentit leur développement ; les (J2) meurent par asphyxie **(De Guiran et Netscher, 1970).** L'éclosion des œufs est inhibée par la sécheresse du sol et sa saturation en eau. Les larves sont actives dans un sol ayant un taux d'humidité de 40% à 60% **(Reddy, 1983),** Un sol trop sec ralentit les activités de *Meloidogyne* **(Van Gundy, 1985).** Le déficit ou l'excès d'eau peut aussi engendrer chez les (J2) des formes de résistance.

1.8.1.5. Aération

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).** Un déficit en oxygène réduit le taux d'éclosion des œufs mais aussi le métabolisme, la mobilité et le pouvoir infestant des (L2) Le développement en femelles **(Van Gundy, 1985).** Il peut augmenter les nombres d'œufs en diapause **(De Guiran, 1971).**

1.8.1.6. Teneur en matière organique

Lors de sa décomposition, la matière organique libère des produits toxiques tels que l'acide butyrique une diminution de la population de nématodes. Elle modifie également la physiologie de la plante qui devient tolérante au nématode **(De Guiran, 1971).**

1.8.1.7. Température

La température est l'un des facteurs importants influençant l'éclosion et l'activité des juvéniles de *Meloidogyne*. L'éclosion est inhibée à 0°C et au-dessus de 45-50 °C. L'optimum de température pour l'éclosion et le développement des (J2) se situe entre 25° et 30 °C **(Van Gundy, 1985)** Ainsi à une température de 27 °C, la durée du cycle est de 25 jours et de 87 jours

à une température de 16,5 °C, il peut y avoir plusieurs générations par an **(Jones et *al.* 1997). Prot, (1975)** a observé des migrations de juvéniles de *Meloidogyne incognita*sous influence de la température a constaté qu'en 15 jours, 40% des juvéniles effectuent la migration verticale de 20 cm 22 °C et seulement 2% à 14°C. (L'optimum de la température qui détermine les différentes activités du nématode varie selon l'origine géographique de l'espèce).

I.8.2. La saison

Chaque espèce de nématode a une température optimale requise pour l'éclosion, l'infection et le développement. Par conséquent, lorsqu'une plante hôte est cultivée pendant une saison propice au développement des nématodes, on peut s'attendre à une forte augmentation de la population de nématodes.

Dans les climats tempérés, la plantation des cultures hôtes au début du printemps ou à la fin de l'automne, lorsque la température du sol a chuté en dessous de 18 °C, permettra aux cultures d'échapper à l'infection par la plupart des espèces de nématodes des racines des régions chaudes**. (Hlaoua et Horrigue Raouani, 2007 ; Russo et al., 2007).**

Dans les régions tropicales, où les températures ne varient pas beaucoup entre les saisons, les nématodes à galles se reproduiraient continuellement en présence d'un hôte approprié et d'une teneur en humidité du sol favorable. Cependant, une fluctuation de la population peut être observée en raison de l'alternance de saisons pluvieuses et sèches **(Souza et al., 2008).**

I.9.Réponse des plantes à l'infection de *Meloidogyne*

La résistance peut prendre des formes variables puisqu'il a été remarqué de nombreux cas de résistance à plusieurs nématodes **(Rebois et al., 1970),** ou à un ensemble de pathogènes différents **(Gomez et al., 1983)** dont les nématodes. Les mécanismes peuvent être pré ou post-infectieux. Les mécanismes pré-infectieux, qui définissent une immunité, concourent à

l'inaptitude des nématodes à pénétrer dans les racines. Celle-ci peut être due à la barrière mécanique de certains épidermes racinaires **(Rohde, 1965)** ou à la synthèse par la plante d'exsudats racinaires non attractifs, répulsifs ou même toxiques envers les nématodes, contenant des substances allélochimiques. Dans les mécanismes post-infectieux, la plante hôte répond à la pénétration profonde ou au développement des nématodes. Deux réponses typiques sont, d'une part encore, la synthèse de substances toxiques (phytoalexines par exemple), d'autre part la réaction d'hypersensibilité qui consiste en la mort des cellules végétales contiguës au parasite, et qui peut être une conséquence de la réaction précédente **(Rohde, 1965).**

Chapitre II

Données bibliographiques sur la stratégie de lutte contre les Meloidogyne

CHAPITRE II : Données bibliographiques sur la stratégie de lutte contre les Meloidogyne

II.1. Méthodes de luttes contre les nématodes du genre *Meloidogyne*

Le contrôle désigne des actes spécifiques visant à réduire le nombre de nématodes, tandis que la direction a pour objectif de minimiser les pertes économiques et tient compte de l'ensemble du système de soins et de traitement des ravageurs des cultures **(Hooper et Evans, 1993)**. Différentes options de gestion qui sont couramment utilisées pour les nématodes parasites des plantes sont applicables pour *Meloidogyne* spp sur la tomate comme présenté ci-dessous.

II.1.1. Les méthodes chimiques

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

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

En effet, les produits fumigants polluent les nappes phréatiques et laissent des résidus dangereux pour les consommateurs, c'est ainsi que certains pays d'Europe (Suisse, Hollande, Allemagne) ont déjà interdit l'emploi de ces gaz nématicides**, (Djian-Caporalino,1991)**. Les nématicides systémiques à leurs tours empoisonnent la sève des plantes en laissant dans celles-ci des résidus extrêmement toxiques. En

conséquence, l'utilisation de ces produitsphytosanitaires est remise en question du fait des problèmes qu'ils peuvent présenter au niveau sanitaire ou environnemental. De ce fait, il est nécessaire de développer d'autres méthodes de lutte **(Djian-Caporalino,1991).**

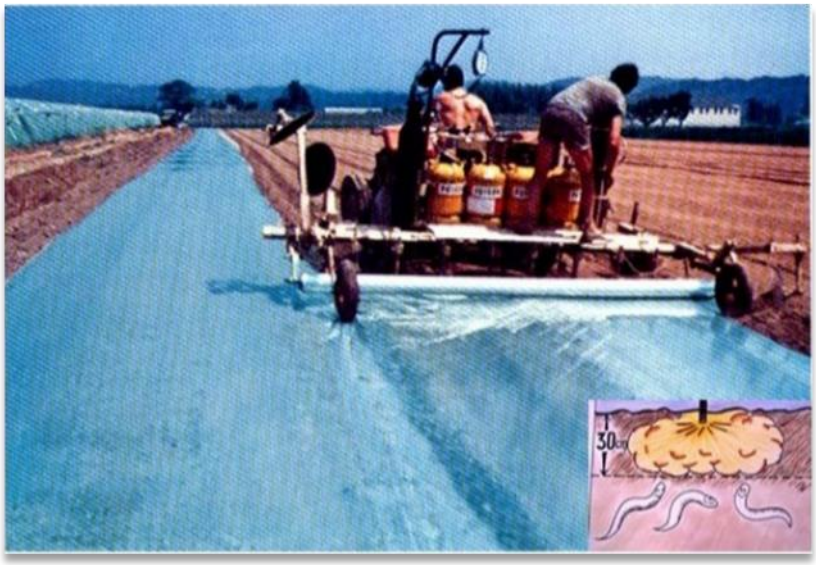


Figure II.1 : Désinfection chimique au moyen de fumigants nématicides **(INRAA JC Cayrol, 1992)**

II.1.2. Amendements organiques

Consiste à apporter à la culture de la matière organique, en enfouissant des résidus végétaux tels que les pailles, les feuilles, les tiges cette matière organique améliore la fertilité du sol, accélère la croissance de la plante et sa décomposition multiplie l'activité prédatrice de micro- organismes antagonistes de nématodes **(Kmorayem, 2003).**

Les amendements organiques couvrent plusieurs sources et produits, notamment les engrais verts issus de cultures de couverture ou de résidus de culture, les déchets industriels ou urbains, les fumiers animaux, compostés ou non. Ils sont incorporés au sol ou appliqués sur le sol sous forme de paillis. En général, les amendements améliorent la capacité de rétention des nutriments et de l'eau dusol, améliorent la fertilité et la structure du sol, réduisent l'érosion et libèrent des composés spécifiques

qui peuvent être nématicides et stimuler l'activité microbienne du sol **(Oka, 2010 ; Thoden et al., 2011).**

II.1.3. La lutte génétique

Les cultivars résistants constituent une méthode économique et écologique de lutte contre les espèces de *Meloidogyne*. Ils sont cultivés dans deux buts : réduire les niveaux de population des nématodes et éviter les dommages causés par les nématodes aux cultures. Par conséquent, les cultivars résistants doivent également être tolérants aux espèces de *Meloidogyne*. Cela est particulièrement important pour l'agriculture biologique ou la production intégrée puisque ces systèmes ne permettent pas ou limitent l'utilisation de la lutte chimique **(Ornat et Sorribas, 2008).** Les cultivars résistants ne nécessitent pas de changements importants dans les exploitations agricoles ou dans l'approvisionnement du marché **(Ornat et Sorribas, 2008).**

La résistance à *M. incognita, M. javanica et M. arenaria* a été développée dansdes cultivars de tomate largement utilisés et porteurs du gène *Mi* **(Ornat et al.,2001).** Les rendements en fruits de la tomate sensible *cv. Blitz* étaient plus élevés lorsqu'ils étaient greffés sur des porte-greffes de tomates *cvs Beaufort* et *Hypeel 45* portant le gène *Mi* et inoculés avec différentes populations de *M. incognita* **(Lopez-Perez et al., 2006).** Les porte-greffes de tomate résistants aux nématodes peuvent être utilisés pour greffer des scions de tomate désirables. Cependant, l'expression de la résistance est affectée par différents facteurs tels que la température du sol, les espèces et les populations de *Meloidogyne*, le dosage du *mi* et le fond génétique de la tomate **(Ornat et Sorribas, 2008).** Ainsi,les cultivars de tomate doivent être sélectionnés avec soin, surtout lorsqu'ils sont suivis d'une culture sensible aux nématodes **(Lopez-Perez et al., 2006).**

II.1.4. Les méthodes culturales

II.1.4.1. La gestion des outils de travail du sol

La meilleure façon de limiter la propagation et la multiplication des nématodes à galles passe par la mise en place de mesures prophylactiques **(Barbary, 2014).** Les

foyers d'infestation de nématodes à galles, souvent proches des entrées des tunnels et le long des lignes de travail du sol, traduisent une dissémination par le matériel et les personnes ainsi, le nettoyage des outils, roues du tracteur, chaussures des personnes, lors du passage d'une parcelle contaminée à une parcelle saine est une des clés de la lutte contre les nématodes. Un rinçage soigneux à l'eau si possible additionnée d'un peu d'alcool ou de javel est suffisant **(Djian Caporalino et al., 2009).**

II.1.4.2. La gestion de l'irrigation

La maîtrise de l'irrigation est un élément important du contrôle des nématodes il s'agit d'éviter les excès d'eau, voie favorable à leur dissémination, sous réserve que les mauvaises herbes soient contrôlées efficacement **(Mukhaimar, 2015).**

II.1.4.3. La rotation culturale

Le but est de maintenir la population de *Meloidogyne spp*, à un niveau tolérable **(Prot, 1986).** La rotation culturale est l'une des méthodes les plus anciennes et les plus importantes pour la gestion des ravageurs. La rotation avec des cultures résistantes ou non- hôtes pour deux à trois ans permet généralement un excellent contrôle des nématodes à galles pour les maintenir sous le seuil de dommage **(Johnson, 1982).**

II.1.5. La lutte physique

Parmi les méthodes de protection utilisant la chaleur, il existe deux techniques

II.1.5.1. La désinfection par vapeur d'eau

Elle consiste à introduire de la vapeur d'eau dans le sol sous les bâches en plastique pour augmenter la température à un niveau létal pour détruire les organismes nuisibles vivants dans le sol **(Braga et al., 2001).**

II.1.5.2. La solarisation

Est un processus hydrothermal qui consiste à couvrir pendant un mois et demi

le sol, saturé d'eau en été, par un plastique fin transparent, afin d'élever la température du sol, qui peut atteindre 50-55 °C à 5 cm de profondeur, et 40-42°C à 20-25 cm de profondeur **(Guet, 1999).** L'efficacité de cette technique a été signalée vis-à-vis de plusieurs nématodes particulièrement contre les Meloidogyne Elles peuvent agir sur les œufs de ou sur les J2 présents dans le sol **(Stapleton, 2000).**

II.1.6. La lutte biologique

Les ennemis naturels sont prometteurs pour la lutte contre le nématode à galles. Plusieurs champignons et bactéries ont été identifiés et classés en fonctionde leurs caractéristiques nématophages et antagonistes, respectivement. Les champignons nématophages comprennent les piégeurs, les endoparasites, les parasites des œufs et les producteurs de toxines.

La lutte biologique contre les nématodes consiste à limiter le taux d'infestation au- dessous du niveau dommageable aux plantes ('seuil de nuisibilité'). Elle ne permettra pas une éradication du parasite.

II.1.6.1. Les champignons mycorhizes

Sont des champignons qui possèdent un double réseau mycélien, un réseau externe dans le sol et un interne qui se développe dans la racine où ilforme soit des structures d'échange avec la plante soit des organes de réserve.Ce système permet une amélioration nutritionnelle de la plante et masque le pouvoir attractif exercé par les racines vis-à-vis des nématodes. Parmi ces mycorhizes nous avons les mycorhizes *Glomus mosseae* (appelé désormais *Funneliformis mosseae*, Glomus intraradices (appelé désormais Rhizophagus irregularis) (Smith et Read, 2008).

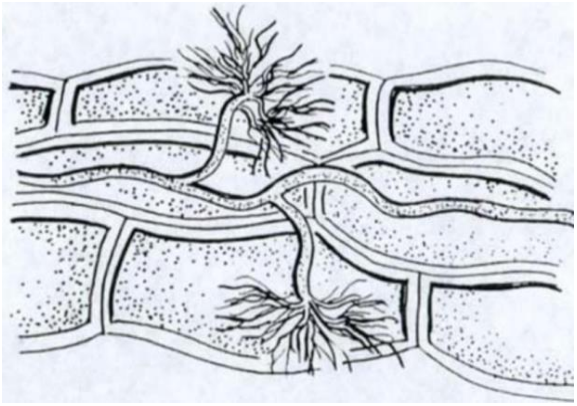


Figure II.2 : Schéma d'Arbuscules mycorhiziens dans les cellules de l'hôtevégétal **(Dessin J.C Cayrol, 1992)**

II.1.6.2. Les champignons prédateurs

Ils appartiennent aux *Hyphomycètes* et se caractérisent par leurs capacités àproduire des organes de captures tels que les anneaux constricteurs, les boutons adhésifs, les réseaux ou encore les spires qui piègent les nématodes dans le sol suite à un processus de reconnaissance spécifique entre le champignon et le nématode ; c'est le cas des genres *Arthrobotrys, Dactylella et Dactylaria* **(Cayrol et Frankowski, 1979).** Plusieurs champignons ont été étudiés en vue de sélectionner des souches aptes à piéger les larves de nématodes. Ainsi, le genre *Arthrobotrys* a été exploité à l'échelle mondiale et a fait l'objet de commercialisation **(Cayrol et Frankowki ,1979).**

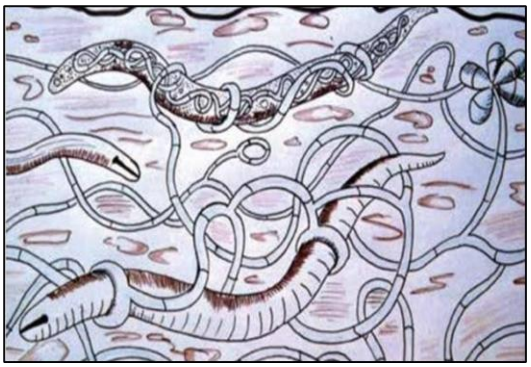


Figure II.3 : Schéma du champignon *Arthrobotrys Irregularis* piégeant juvénilesde *Meloidogyne* **(dessin de J.C. CAYROL, INRA,1992)**

II.1.6.3. Les champignons endoparasites des œufs

Ces Champignons ovicide ont la propriété de tuer les œufs des Nématodes à l'intérieur de ces derniers, on peut trouver de nombreuses espèces deChampignons **(Tribe, 1980).** Beaucoup d'entre eux vivent en saprophytes, envahissant secondairement des œufs déjà morts. Seuls de véritables parasites sont à retenir en vue d'être utilisés comme agent de lutte biologique. **(Jatala et *al*., 1979)**. Un mycélium dense qui entoure les œufs de nématodes puis les pénètre pour se nourrir de l'embryon.

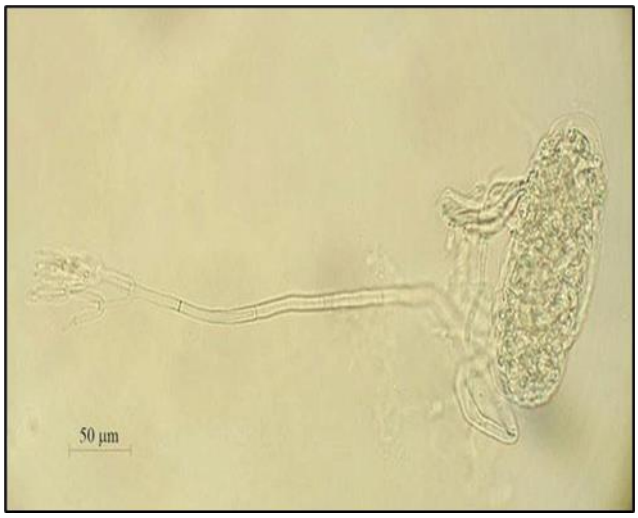


Figure II.4: *Paecilomyces Lilacinus* parasites des œufs de *Meloidogyne* **(M.R Moosavi et *al*., 2011)**

II.1.6.4. Les nématophages à spores adhésives

Incluent les oomycètes *Catenaria anguillulae, Myzocytium lenticulare* et M. *anomalum*qui forment des zoospores biflagellées, capables de se diriger vers les nématodes et de se fixer sur leur cuticule en s'y enkystant ; le zygomycète *Meristacruma sterospermum* qui produit des conidies sphériques, ces dernières se collent sur le corps du nématode et se développent dans le nématode; le *deuteromycète Meriaconiospora* qui se développe en façon semblable à la précédente espèce; le basidiomycète *Nematoctonus leiosporus*, qui possède des spores adhésives en forme de bâtonnets se fixant sur la cuticule du nématode. de lutte biologique intéressants contre les Nématodes, compte tenu notamment de leur grande

ubiquité et de leur polyphagie **(Cayrol et *al.*, 1992).**

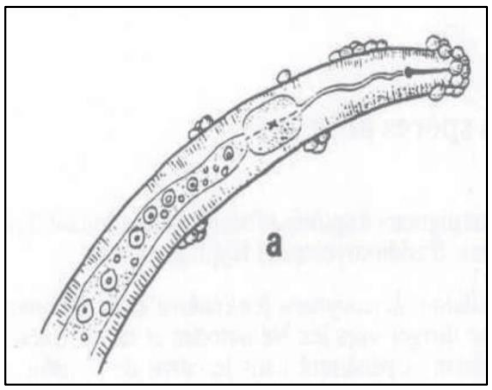


Figure II.5 : Spores adhésives sur la cuticule d'un Nématode**(Cayrol, Caporalino, Mattei, 1992).**

II.1.6.5. Biopesticides d'origine animale

Ces biopesticides sont des animaux comme les prédateurs ou les parasites, ou des molécules dérivées d'animaux **(Deravel et *al.*, 2013).** A titre d'exemple nous avons :

- Les nématodes prédateurs : On les rencontre dans quatre groupes taxonomiques, chacun présentant une spécificité dans le mode et la préférence alimentaires.
- Les *Mononchides* et les *Diplogastride s*possèdent un arsenal buccal qui leur permet de dévorer leurs proies tandis que les *Dorylaimides*et les *Aphelenchides*, souvent plus petits que leur proie, possèdent un appareil buccal de type suceur qui leur permet de piquer leur proie et d'en sucer le contenu transforme par une sécrétion qu'ils ont injectée au préalable **(Stirling, 1991)**.

II.1.6.6. Biopesticides d'origine végétale

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 **(Kadioglu et Yanar 2004**). De nombreuses plantes sont utilisées comme engrais verts dans les assolements ou sous forme de broyats, d'amendements

incorporés au sol ou bien comme huile essentielle. Ces végétaux peuvent agir de différentes manières, soit par effet nématicide bien comme inhibiteur de l'éclosion des œufs. **(Kadioglu et Yanar 2004).**

a. Extraits végétaux

Les extraits de plantes qui peuvent synthétiser des phytoalexines qui empêchent la multiplication des *Meloidogyne se qui* réduisent les populations de ces derniers parmi lesquels nous citons :
Les *Asteraceae* (Tagetes spp, *Artemisia* spp), Les *Zygophyllaceae* (Peganumharm ala), *les Fabaceae (*Crotalariaspp, *Ceratoniasiliqua*L, *Acacia gummifera* WiIId,. et *Ononisnatrix* L.),les *Meliaceae* (Melia azedarach, Azadirachtaindica*),*les *Lamiaceae* (*Origanum spp, Ocimum basilicum*) **(El Allagui et *al*, 2006).**

Des études récentes citent l'activité nématicide des algues qui agissent d'une manière similaire que les plantes nématicides. Ainsi, la combinaison de troisalgues bleues ou cyanophycées (*Anabena oryzae, Nostoc calciola, Spirulina spp*.) utilisées comme amendement organique possèdent un effet nématicide sur *Meloidogyne incognita* **(Stoll, 2002).** Des extraits de crotalaires, d'ail, (*Allium sativa*) d'oignon, (*Allium alia*) (*Liliaceae*) ont montré une bonne activité contre les nématodes au laboratoire. Cependant, aucun effet n'a été relevé avec ces molécules en culture de tomate **(Védie et *al*., 2006).**

En Algérie plusieurs extraits on était testé et montreuneefficacité, contre les *Meloidogyne* tell que les amendements organiques des plantes des espèces comme *Racinuscommunis L. Crotalaria Saharae L. Datura Stramonuim L. Tagete recta L.* et *T. Patula L*. (**Sellami et Zemouri, 2001).**

b. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des produits complexes, volatiles et naturels, caractérisés par une odeur forte et sont formés par les plantes comme métabolites secondaires **(Bakkali et al., 2008)**. On retrouve majoritairement des terpénoïdes et

des molécules aromatiques. Les huiles essentielles issues de différentes plantes possèdent donc des propriétés différentes, dépendantes de la composition d'origine. **(Paolo fornara, 2015).**

Des études ont été préparées sur les essentielles dans le domaine huiles phytosanitaire et leurs effets sur les ennemis des cultures, montrant l'importance de ces huiles. Elle peut se retrouver dans divers organes végéta les fleurs, les sommités fleuries, les feu les racines, les rhizomes, les fruits, le bois,ou les grains **(Gamal B et al., 2015).**Elles sont utilisées dans la protection de la plante, permettent de faire face à toutes les agressions, de soutenir le processus de guérison et de stimuler les défenses de la plante **(Mélanie Garcia, 2012).**

En Algérie trois plantes ont montré une efficacité contre les *Meloidogyne* : *Salvia officinalis* (Lamiaceae) ; *Origanum glandulosum* (Lamiaceae) et (*Artemisia herba alba* (Asteraceae). **(Sallami et al., 2009).**

Il existe un grand nombre de plantes ayant une action répulsive, inhibitrice, toxique ou encore de piégeage. **(Barbary, 2014).** Les laitues *Lactuca spp* Asteraceae sont utilisées comme plantes pièges ». « **(Ornat et al., 2001)** En pratique, les pl << nématicides » sont utilisées en rotation, en engrais vert, en amendement, ou en cultureassociée avec une culture sensible. L'œillet d'inde (Tagates minuta), par exemple, est un bon précédent cultural pour lutter contre les nématodes à galles ou enfouis comme engrais verts << bio fumigation » **(Grab, 2001).** Notamment les Brassicaceae qui renferment des glucosinolates tel que la moutarde, colza fourrager, choux et d'autres, sont très toxiques pour les nématodes. (**Goguey et al., 2005).** L'utilisation de ces plantes dites << de service donne des résultats variables selon les types de sol et la température qui jouent sur la dégradation de la matière organique. Leur efficacité est relativement limitée sur le court terme. Et n'est pas encore très employée en cas d'infestation trop importante **(Djian- Caporalino et al., 2009).**

II.1.6.7. Les avantages des biopesticides

Les biopesticides sont écologiquement beaucoup plus compatibles que les

produits chimiques et ont une spécificité accrue vis-à-vis des pathogènes contre lesquels ils sont dirigés présentent des bénéfices supplémentaires à leur rôle de protection. Ils sont biodégradables et ne laissent pas de résidus nocifs, ils peuvent être moins chers que les pesticides de synthèse lorsqu'ils sont produits localement et peuvent s'avérer plus efficaces à long terme, de plus Le délai avantrécolte exigé pour les pesticides classiques est nul pour les biopesticides **(Laurent et al 4014).**

II.1.6.8. Les inconvénients des biopesticides

Certains des avantages écologiques des biopesticides, comme leur faible rémanence ou le fait qu'un produit soit actif contre un faible spectre de nuisibles, peuvent être considérés comme des inconvénients. En effet, ces deux avantages écologiques combinés à leur activité souvent dépendante des conditions climatiques et environnementales rendent les biopesticides moins efficaces que leurs homologues chimiques. Certains professionnels de l'agriculture estimentque les biopesticides ne leur conviennent pas car ils ne sont pas assez efficaces. Ces derniers évaluent les résultats du biopesticide à court terme, comme s'il s'agissait d'un substitut aux produits phytosanitaires chimiques. Cependant, la mise en place et l'efficacité d'un contrôle biologique doit être évaluées sur la durée **(Popp et *al*., 2013)**

II.1.7. La lutte intégrée

La lutte intégrée repose sur l'association de plusieurs méthodes afin de maintenir les populations à un niveau assez bas pour que les dégâts occasionnés soient économiquement tolérables **(Whitehead,1998).** Ce système de lutte permet d'assurer une réduction plus durable et plus efficace des populations des nématodes et contribue à réduire les risques associés à l'emploi exclusif des pesticides. Enfin, les caractéristiques biologiques, les espèces misent en cause, l'utilisation et le développement des populations à partir des cultures et laspécificité de chaque zone entrent dans la détermination des systèmes de lutte intégrée. **(McSorley & Phillips, 1993)** Pour développer une stratégie efficace de gestion intégrée desnématodes, il est nécessaire de connaître les dommages aux plantes ou les pertes de récolte causés par les espèces de *Meloidogyne* résidentes sur la ou lescultures qui seront produites,

les densités et la dynamique des populations de nématodes à galles avec et sans l'utilisation de mesures de contrôle, et les conséquences économiques associées aux différentes méthodes de contrôle**(McSorley & Phillips, 1993).** Dans les stratégies de gestion intégrée des nématodes, il existe des interactions au sein d'un système de sol, entre les options de gestion et entre les microorganismes. Selon **Collange et al. (2011),** il existe au moins quatre processus principaux pour contrôler les espèces de Meloidogyne en utilisant une approche intégrée : tuer les nématodes dans le sol avec des agents thermiques ou chimiques, briser le cycle biologique des nématodes pour limiter ou retarder les séquences de reproduction, renforcer les compétitions d'autres microorganismes dans le sol pour réduire les populations de nématodes par prédation, compétition trophique ou parasitisme, et limiter la dissémination d'une zone contaminée à une zone non contaminé. **(Collange et al. 2011).**

Actuellement, la lutte intégrée reste la méthode la plus recherchée, celle-ci repose sur l'association de différentes méthodes disponibles contre ces bioagresseurs Plusieurs méthodes alternatives de contrôle existent mais les expérimentations montrent aujourd'hui leurs limites, du fait de l'insuffisante efficacité des techniques prises individuellement. **(Djian- Caporalino et al., 2009.**

Elles ne pourront être efficaces que si on les combine de manière raisonnée. Ainsi une gestion intégrée de ces bioagresseurs telluriques incluant une vigilance accrue, un contrôle continu, des mesures prophylactiques, une désinfection vapeur ou une solarisation quand cela est possible, l'apport de fortes quantités de matière organique rapidement dégradable, et surtout une bonne gestion des rotations introduisant des plantes pièges et le développement de nouvelles variétés résistantes apparaissent indispensables pour parvenir à l'amélioration sanitaire du sol et au contrôle de ce parasite de manière durable **(Djian- Caporalino et al., 2009).**

CHAPITRE III : Données bibliographiques sur *Urginea maritima*

CHAPITRE III : Données bibliographiques sur *Urginea maritima*

III.1. Généralité sur la plante

Urginea maritima est une plante à bulbe de la famille des Liliacées **(Belhaddad, 2018).** Son non botanique *Urginea Maritima* (Baker) provient d'une part de ce qu'elle croit spontanément sur les rivages de la mer Méditerranée et d'autre part, du nom d'une population algérienne, les Beni-Urgine ; commune de Morris (Ben Mhidi) près d'Annaba. Elle est connue localement sous les noms principaux de « Feraoun "Le nom de Feraoun que l'on peut aussi prononcer Feraoun a été rapprochée gratuitement de « pharaon ». **(Dr. Trabut, 1935).** Le genre Urginea, est un genre bien connu en Afrique avec environ 40 espèces actuellement identifiées et portant le nom vernaculaire. On peut par exemples citer des espèces majeures comme *U. scilla, U. maritimaet U. indica*. A noter que ce nom vernaculaire est souvent étendu aux autres Liliaceae. Ce nom est dérivé de l'apparence de l'inflorescence pointue, qui à distance ressemble à un serpent élevant sa tête **(Benaoun, 2017).**



Figure III.1: Plante d'*Urginea maritima (Drimia maritima) (***Vallicelli 2005)**

III.2 Position systématique

La classification botanique *d'Urginea maritima* que nous avons Adopté est celle donnée par. **(Charpentier et al., 1998) :**

- **Règne :** plantea
- **Embranchement :** Spermaphytes (phanérogame)
- **Sous-Embranchement :** Angiospermes
- **Classe :** Monocotylédone (Liliopside)
- **Ordre :** Liliale
- **Famille :** Liliaceae
- **Genre :** Urginea
- **Espèce :** *Urginea maritima* **(Charpentier et al., 1998).**

III.3. Description botanique

Plante géophyte, herbacée, vivace. La tige robuste peut atteindre 1.50 m. Les feuilles entières, lancéolées, longues de 50 à 80 cm. Elle apparaît au printemps En touffes, les fleurs en grappes, serrées, sont accompagnées de petites bractées. La partie souterraine est constituée par un bulbe formé d'écailles emboîtées, insérées sur un plateau qui porte de nombreuses racines, sur sa face inférieure **(Hmammouchi, 1999)**.



Figure III.2 : Aspect morphologique *d'Urginea maritima* **(Morro,2004)**

Le bulbe est pyriforme, tuniqué ovoïde et peut atteindre 15 à 30 cm de diamètre et son poids peut aller jusqu'à 3 à 4 kg, dépassant ordinairement le niveau du sol. Ces écailles Sont rougeâtres ou blanchâtres selon la variété, les écailles externes sont unies et membraneuses, tandis que les écailles moyennes sont épaisses et charnues **(El fennouni, 2012)**.



Figure III.3 : Le bulbe *d'Urginea maritima* **(Jacob UlnwehiKnecht, 2015)**

Les feuilles sont glabres, vertes foncées brillantes et uniforme à marge lisse, formées par un périanthe étoilé ; tépales brièvement soudés à la base, long 8-12 mm, blanc, à une seule nervure pourpre ou verte. Elles sont Bractée et plus courte que les pédicelles. Ces graines sont noires, brillante. Géophyte a bulbe. Clairières **(Fennaneet al., 2014)**.



Figure III.4 : Les feuilles d'*Urginea maritima* **(Nhu Nguyen, 2009)**

Les fleurs sont blanches, petites, nombreuses et disposées en grappes terminales. Elles sont formées par des bractées qui sont subulées, souvent caduques et plus courtes que les pédicelles, ces derniers mesurent 10-30 mm de long et sont plus ou moins dressés, et leurs segments du périanthe sont longs de 6 à 8 mm, oblongs et blanchâtres avec une veine médiane verte ou violette. Tandis que les anthères sont 2,5 mm de long Les styles sont égaux

aux étamines. Les fruits d'urginea sont des capsules loculicides contenant de nombreuses graines aplaties. **(Al-tardeh, 2008).**



Figure III.5: Inflorescence *d'Urginea maritima* **(Nhu Nguyen, 2009)**

Il existe deux types de Scilles qui diffèrent par la taille du bulbe : la Scille blanche ou Scille femelle à un petit bulbe de la grosseur d'un oignon **(Al-Tardeh et al., 2006).** La Scille rouge ou Scille mâle à un bulbe énorme qui atteint parfois la taille d'un melon. **(El fennouni, 2012).**



Figure III.6 *:* Partie airienne *d'Urginea maritima* aproposée http://www.llifle.com/Encyclopedia/BULBS/Family/Hyacinthaceae/18245/Urginea_maritima

III.4 Cycle de vie *d'Urginea maritima*

Au cours de l'automne, les feuilles *d'Urginea maritima* émergent et atteignent une longueur de 30à 100 cm. Elles photo synthétisent en avril et mai ils sont complètement sèches**.** Entre avril et mai les feuilles développent les conditions nécessaires à la floraison. Les bulbes restent dormants de mai à fin août, à la fin août le scape émerge et fleurit en septembre **(Mitrakosetal, 1974)**.

La pousse florifère *d'Urginea maritima* constitue une croissance unidimensionnelle intéressante. L'allongement total du scape ne prend que 25 (21-28) jours pour atteindre une longueur d'environ 140 cm. Le taux d'allongement maximum est de 10cm par jour en fonction de la température la plus chaude la plus rapide cependant. C'est une croissance extrêmement rapide **(Scaramuzzi et bianco ,1962)**

Le premier fleuron s'ouvre à partir de bas 15 jours après l'émergence des pousses lorsqu'il atteint environ 80 pourcents de sa hauteur et les fleurons continuent à s'ouvrir pendant 19 jours. Il n'y a eu jusqu'à présent aucun rapport sur le début de l'initiation florale, mais il est terminé en mai. Pourtant : la floraison pourrait être renforcée en appliquant un tempéré de 28°c pendant un mois avec plus de 48 pourcents humidité relative. **(Scaramuzzi and Bianco, 1962).**

La floraison peut également être accélérée en produisant un différentiel de température supérieur à la normale entre le jour et la nuit. La plante a une valeur ornementale en floraison après presque six ans lorsque le bulbe atteint une taille considérable **(Al-tardeh, 2008).**

III.5. Biotope et distribution géographique

L'Urginea maritima croît dans les steppes, les broussailles et les pâturages pierreux ou sablonneux des plaines et des basses montagnes. Spontanée dans la région méditerranéenne **(Fennaneet al., 2014).** Elle est souvent distribuée dans toutes les régions littorales de la méditerranée et la région indienne **(Belhaddad, 2018).** Cette espèce est rare en Europe à l'exception de certaines régions La scille est abondante en Sicile, Malte, Grèce, Espagne, Italie et Liban, où l'on Trouve la variété blanche dite scille d'Italie ou

scille femelle. **(El fennouni, 2012).**

En Algérie pousse la variété rouge appelée scille d'Espagne ou scille mâle **(Paris et Moyse, 1967).** On la trouve parfois en abondance sur les rivages arides de la Méditerranée, en plus grande abondance à l'est d'Alger **(Al-Tardehet al., 2006).**

.

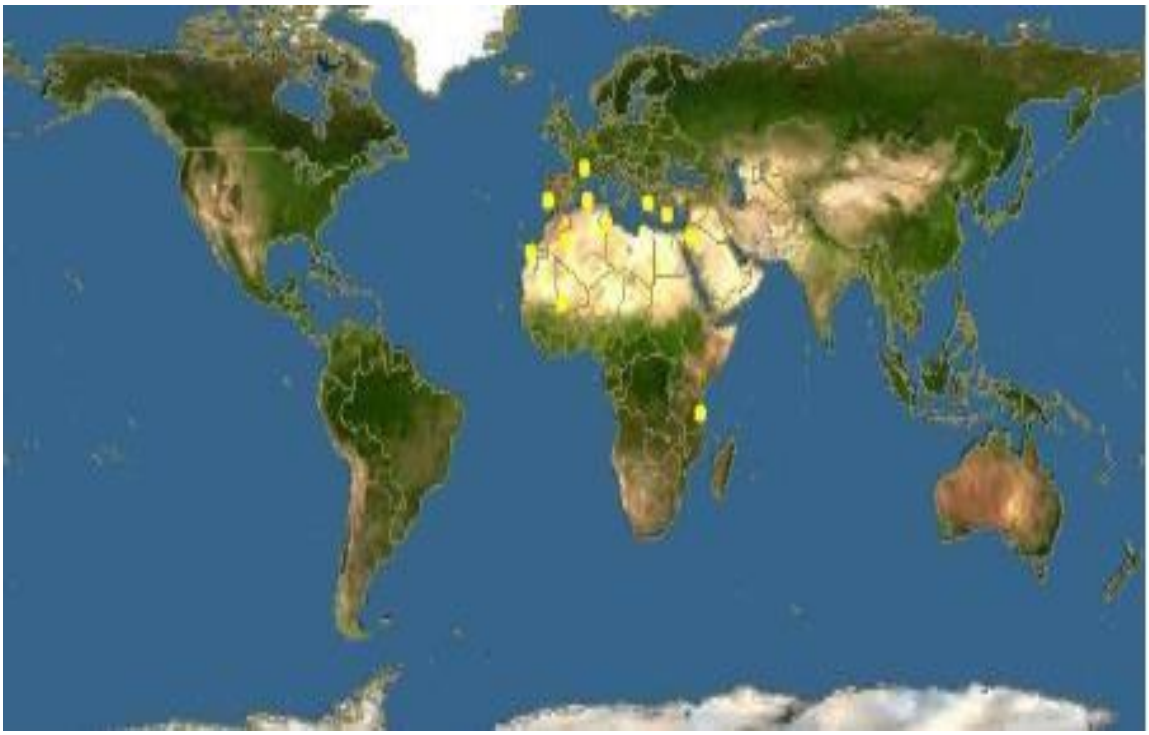


Figure III.7 : Répartition mondiale d'*Urginea maritima* **(Mair, 2013)**

III.6. Principes phytochimiques et toxicité

La scille est une drogue très ancienne, renferme des tannins catéchique et Condensés (catéchols), pigments anthocyaniques Le principal étant la chrysanthémine des stéroïdes (Sitostérol, stigmastérol, campe stérol, cholestérol). **(Belhaddad, 2018)** et contient également des flavonoïdes **(Al-Tardeh et al., 2006).**

Il existe deux variétés des scilles**,** Les variétés blanche et rouge sont différentes chimiquement, la variété rouge et plus toxique que la variété blanche ; La scille rouge possède un hétéroside particulier, le scilliroside et les hétérosides cardiotoniques stéroïdiques sont de type bufadiènolide. (**Paris et**

Moyse, 1981).

L'étude phytochimique *d'Urginea maritima* fait l'objet de plusieurs investigations Chimiques, Les constituants les plus abondants rencontrés sont des glucosides cardiaques de type bufadiénolide. Les anthocyanes**,** les flavonoïdes**,** les acides gras, les polysaccharides et l'oxalate de calcium sont également présent.de nombreux composés hétérosidiques sont régulièrement isolés à partir des bulbes du genre drimia plus d'une cinquantaine pour drimia maritima **(Hammiche et al., 2013).** Et la présence d'hétérosides, de mucilages et de lipides à des quantités relativement importantes aussi on note la présence de certains dérivés phénoliques.

Le dosage des polyphénols des différents extraits a révélé que le macérât *d'Urginea maritima* recèle une quantité élevée en polyphénols, **(Daoudi et al., 2019).**

Les feuille et le bulbe *d'Urginea maritima* contiennent des réserves glucidiques sont constituées essentiellement par des fructosanes et des matières minérales : riches en oxalate de calcium et citrate de calcium **(Al-Tardeh et al., 2006).**

Tableau III. 1 : Principaux composent de la Scille *d'Urginea maritima* **(Hammiche et al., 2013)**

Composant	Nature de composant
Bufadienolides	Sucre associe
Scillarenine	(aglycone)
Scillarene A	(Glucose + rhamnose)
Proscillaridine A	(Rhamnose)
Scillicyanoside	(Glucose)
Scilliglaucoside	(Glucose)
Scilliphaeoside	(Rhamnose)
[Scille rouge] Scillirubroside	(Glucose)
Scilliroside	(Glucose)

III.6.1 Autres Constituants chimiques de la plante

Il existe également d'autres constituants chimique représentés dans substances divers ; les matières minérales (2 à 5 %) riches en oxalate de calcium, et citrate de calcium, matières mucilages à (4 à 10 %). Mentionnés également les réserves glucidiques sont constituées essentiellement par des fructosanes : (sinistrine, scilline, glucosinistrine). Comportant 4 molécules de fructose pour 1 de glucose.

En suite les stérols, les tanins catéchiques et catéchols et les flavonoïdes : apigénine, dihydroquercétine, lutéoline, quercétine, C-glucosyl-flavones. Et enfin il y a des pigments anthocyaniques dans la scille rouge, le principal étant la chrysanthémine (cyanidine-3-monoglucoside). **(El fennouni, 2012).**

III.7. Intérêt et utilisation

L'*Urginea maritima* constitue une source importante de substances actives en effet cette plante est utilisée en **:**

III.7.1 Utilisation agronomique

De plus, l'extrait des bulbes d'Urginea a présenté une activité antifongique puissante et à large spectre contre de nombreux champignons pathogènes. Et une activité insecticide de l'extrait éthanolique des bulbes de scille est rapportée. **(Hammiche et al., 2013)** En plus Les extraits aqueux de L'*Urginea maritima* présentent une activité nématicide **(Nebih et al., 2014).**

D'âpres **(Daoudi et Bammou.,2017)** les extraits aqueux de la combainaison entre *calendula Officinalis L et Urginea Maritima(L.) Baker et Chenopodium Ambrosioides L* contre cinq champignons, à savoir *Fusarium oxysporum sp. albedinis, Alternaria sp, Penicillium expansum, Aspergillus brasiliensis et Rhizopus stolonifer*. Ont révélé une éfficacité assé considérable de l'ordre d'arrivant à 43,33% contre *Fusarium oxysporum,* 41,11%, contre Alternaria *sp,* 40,37% *Penicillium expansum* ,27,77% *Aspergillus brasiliensis et* 19,25 %. Contre *Rhizopus stolonifer.*

III.7.2 Utilisations raticides

Les scilles qui renferment du scilliroside, généralement les scilles rouges, ont des propriétés raticides. Jusque dans les années 1960. Les écailles rouges desséchées ont été largement exportées par l'Algérie vers l'Europe et les Etats-Unis, Iesscilliroside est un raticide de choix ; en effet, il présente, sur les raticides classiques, deux avantages intéressants **:**

D'abord, il agit sur le système nerveux central des rongeurs comme convulsivant et, comme il n'est pas émétisant pour le rongeur, le poison est conserve dans l'estomac et peut continuer son action. Ensuite, le rongeur intoxique ne se décompose pas, il est momifié ce qui est un gros avantage dans la dératisation des silos. **(Bruneton Jean, 2005).**

Les bulbes étaient une ancienne source de produits de rodent ici de remplacés plus tard par les raticides anticoagulants modernes. Étant donné que les rats ont développé une résistance à de tels produits, l'intérêt pour l'espèce est désormais renouvelé **(Pascual- Villalobos, 2002).**

III.7.3 Autre utilisation

La scille a un effet cardiotonique, il agit sur l'excitabilité, la contractilité et le rythme cardiaque **(Namjoya et al., 2016).** Aussi elle utilisée pour traiter les pathologies digestives **(Mehdioui et Kahouadji, 2007).** Et comme diurétique ; vomitif pour soigner l'asthme et les piqures de serpent **(Hammoda et al., 2005).**

Dans la **médecine traditionnelle iranienne**, la scille maritime ou **scille officinale** (*Drimia maritima*) est utilisée dans le traitement de l'asthme. Elle est prise sous forme d'oxymel, un sirop aigre-doux très ancien, à base d'eau, de miel et de vinaigre. Lors d'une étude clinique de 6 semaines très rigoureuse (réalisée en triple aveugle), 60 patients atteints d'asthme modéré à sévère ont reçu, en plus de leur traitement habituel à base de corticoïdes : soit 10 ml de sirop d'oxymel à la scille maritime, soit la même quantité d'oxymel simple, soit un placebo, 2 fois par jour. Les performances respiratoires des patients du premier groupe ont été nettement améliorées, sans effet secondaire, démontrant l'efficacité de la plante pour le traitement de l'asthme. (Nejatbakhsh et al, ;2017).

Chapitre IV

MATERIELS ET METHODES

Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV.1. Objectif

Notre objectif principal est de comparer entre deux études qui ont été réalisée préalablement et qui ont étudié l'effet d'un biocide d'origine végétale sur les nématodes à galle du genre *Meloidogyne*, en utilisant une approche à la fois *in vitro* et *in vivo.* Nous nous concentrons sur l'utilisation de la plante *Urginea maritima*, connue pour ses propriétés potentiellement biocides. Cette comparaison entre les approches *in vitro* et *in vivo* nous permettra de mieux comprendre l'efficacité du biocide et son potentiel d'utilisation pour la gestion des nématodes à galle dans les cultures agricoles.



Figure IV.1 : Plante complète d'*Urginea maritima (Originale 2023)*

IV.2. Préparation des traitements

Les biocides employés dans ces deux travaux sont les broyats sec et frais des feuilles et des bulbes d'*Urginea maritima (in vivo)*, ainsi que les extraits aqueux de la même plante (*in vitro*).

IV.2.1. Préparation des amendements organiques

La plante destinée pour la préparation des amendements de la partie de travail réalisé *in vivo* a été récoltée au mois de janvier 2015 dans la région de Soumâa à Blida. Après la séparation des feuilles et de bulbe *d'Urginea maritima* ces

derniers sont étalés sur du papier journal et séchées à l'ombre pendant 30 jours. Après séchage le matériel est séparément broyé ensuite tamiser en une poudre fine, puis rangé dans un sac en papier jusqu'au moment de son utilisation. Les produits frais de la plante sont également broyés est incorporée au sol au moment des essais.

IV.2.2. Préparation des broyats frais de *l'Urginea*

Pour la partie in vitro la plante utilisée a été cueillie au mois Mai 2021, dans la wilaya de Médéa (région d'Ouzera). Après la séparation des feuilles et de bulbe *d'Urginea maritima* ces derniers sont triés, lavés et séchés avec un chiffon microfibre puis broyés à l'aide d'un mixeur à hélice. Le broyat frais est conservé pour la préparation de l'extrait qui sera testé dans notre étude.

IV.2.3. Préparation des extraits aqueux

La méthode d'extraction utilisée dans notre expérience 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 long, dans le but de faire libérer et extraire tous les composants actifs existants chez la plante étudiée.

Une macération aqueuse a été effectuée où 125 g de la matière végétale fraiche a été additionné à 500 ml d'eau distillé, disposée dans des flacons hermétiques et stériles, et soumise à une agitation pendant 3 jours à la température ambiante. Après filtration sur un tissu mousseline, les filtrats sont centrifugés pendant 10 min à 14000 t/min à la température ambiante. Ensuite chaque échantillon a été filtrés sur papier filtre N° 1 et conservés à 4 °C jusqu'à utilisation (Aghofack-Nguemezi *et al.,* 2015).

IV.2.4. Préparation des doses

Pour évaluer le pouvoir nématicide de l'extrait *in vitro*, 2 doses sont préparées par dissolution dans l'eau distillée à savoir 100%.

- Dose 1 : Extrait pur ;
- Dose 2 : 50% de D1+ 50%d'eau distillée.

Pour la partie *in vivo* les doses utilisées pour les amendements testés frais et sec d'*Urginea maritima* sont de l'ordre de 3% du poids du pot (TIMCHENKO et MAIKO,

1989). Après calcul par rapport au poids du pot de 166 g, la dose D1 est de 4.98 g et la demi-dose (D2) est 2.49 g.

IV.3. Obtention des Larves L2 de *Meloidogyne*

Les échantillons de racines de la tomate infestées par les nématodes à galles *Meloidogyne spp* ont été obtenus en fin de culture par l'institut technique des cultures maraîchères et industrielles « ITCMI »au mois de mai.

Les racines ramenées au laboratoire sont lavées à l'eau courante puis mises dans une boite de Pétri en verre en vue d'extraire les masses d'œufs. Cette opération s'est déroulée sous une loupe binoculaire au grossissement (x20) ou (x40), par la méthode de forceps en utilisant deux aiguilles entomologiques.

Les masses d'œufs isolées des femelles de *Meloidogyne* (15 à 30 masses) sont déposées dans de petits tamis en plastiques de 2 à 4cm de diamètre. Ces derniers sont placés dans des boites de Pétri contenant de l'eau puis sont mises à l'étuve à 25C° en vue d'éclosion massive. Après éclosion, les larves (L_2) libérées progressivement dans l'eau sont récupérées et comptées quotidiennement à l'aide d'une loupe binoculaire (x40).

IV.4. Effet *in vitro* des extraits sur la mobilité et la viabilité des juvéniles.

Les tests *in vitro* sont effectués 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 (100%, 50%, 25%, 12,5% et 6,25%) sont ajoutés à la suspension de larves à raison de 1 ml chacun. Pour comparer l'efficacité des traitements, nous avons préparé 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.

IV.5. Effet *in vivo* des amendements organiques sur les larves de *Meloidogyne*

IV.5.1. Préparation du sol

Nos tests ont été réalisés dans un mélange de sol composé par 1/3 de terre, 1/3 de sable et 1/3 de tourbe. Ces derniers ont été tamisé (tamis 2mm) puis stérilisé pendant 24h à 200 °C. Les trois éléments (sol, sable et tourbe) sont mélangés ensemble puis répartis dans des pots en plastique à raison de 166g par pot.

IV.5.2. Préparation des pots traités

Les pots ont été préparés avec leur sol et leur traitement selon les doses testées à raison de 3 répétitions pour chaque dose et chaque traitement. Tous ont été ensuite arrosés tous les deux jours pendant une semaine avec de l'eau de robinet pour permettre la répartition de la matière organique

IV.5.3. Préparation du matériel végétal

Les essais ont été réalisés sur la variété de tomate (*Lycopersicum esculentum* var. « *Marmande* » Les semences sont déposées dans des alvéoles en plastique contenant de la tourbe imbibée d'eau, puis sont installer dans une serre. Les plants à quatre vraies feuilles ont été transplantés immédiatement dans les pots, On se qui concerne les plantes infestés l'infestation et réalisée par les larves de *Meloidogyne* (L2) à raison de 100 L2/pot au niveau de collet 3 jours après transplantation

IV.5.4. Dispositif expérimental des essais

Un total de 15 pots a été préalablement préparé avec leur sol et leur traitement selon les doses testées à raison de 3 répétitions pour chaque dose et chaque traitement.

Un bloc témoin a été préparé pour comparer l'effet des traitements. Le dispositif expérimental a été mené dans une serre à une température moyenne de 35°C. Les plants ont suivi un régime d'irrigation tous les 2 jours et parfois avec les fortes températures les plants étaient arrosés quotidiennement. La durée de l'expérimentation est de 45jours.

IV.5.5. Effet sur le taux d'infestation des plants de tomate

A la fin de l'expérimentation (45 jours) les plants sont dépotés la partie aérienne est séparée des racines. Les racines de chaque plante ont été rincé délicatement et séché par du papier absorbant puis mise de côté dans des boites de Pétri afin d'examiner et d'estimer le taux d'infestation par les larves de *Meloidogyne*. Cette étape est réalisée sous loupe binoculaire (x10) et en dénombrant les galles sur tout le système racinaire.

IV.6. Analyses des données

La présentation des résultats sur l'efficacité des différents traitements testés sous forme de tableaux ou graphiques sur les pourcentages des larves mortes ou le nombre de galle, afin d'émaner leur potentiel toxique vis-à-vis des nématodes *Meloidogyne*. L'opération a été réalisée avec le logiciel EXCEL 2021.

IV.6.1. Analyses de variance

Les comparaisons des moyennes été réalisées par analyse de la variance par le modèle linéaire global (G.L.M.). Parmi les variables participant le plus souvent à la variance totale, celles dont la contribution est significative au seuil de 0,05 ont été retenues.

IV.6.2. Logiciel utilisé

Les analyses statistiques sont effectuées avec les logiciels SYSTAT version 12, SPSS 2009). Les données brutes sont soumises à une analyse de la variance (GLM), Les valeurs des probabilités (p) inférieures à 0,05 sont considérées comme significatives.

Chapitre V

RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1. Evaluation *in vitro* de l'efficacité des extraits aqueux des différentes parties de *l'Urginea maritima* sur les nématodes à galles *(Meloidogyne).*

V.1.1. Evaluation de la toxicité des traitements utilisés sur les larves de *Meloidogyne spp.*

Afin d'illustrer de manière plus visuelle l'effet toxique des extraits aqueux à base de feuilles et de bulbes d'Urginea maritima, ainsi que leur dosage, sur les larves de *Meloidogyne spp*., une représentation graphique est présentée dans la Figure V.1.

La Figure V.1 met en évidence les résultats de l'effet des extraits aqueux de feuilles et de bulbes *d'Urginea maritima* sur les larves de stade L2 de *Meloidogyne*. Elle montre que la dose D1 (50%) des extraits à base de bulbes et de feuilles d'Urginea conduit à un taux de mortalité de 100% même après 72 heures d'exposition.

Pour la dose D2 (6,25%), les différentes parties de la plante testées présentent un effet relativement faible sur les larves de *Meloidogyne* lors des périodes d'immersion de 24 heures et 48 heures. Cependant, cet effet s'intensifie après 72 heures d'exposition, où le taux de mortalité atteint 80%.

Néanmoins, les résultats projetés dans la Figure V.1 indiquent que le taux de mortalité des larves traitées avec les extraits aqueux à base de feuilles *d'Urginea* est plus élevé que celui des larves traitées avec les extraits à base de bulbes *d'Urginea maritima*.

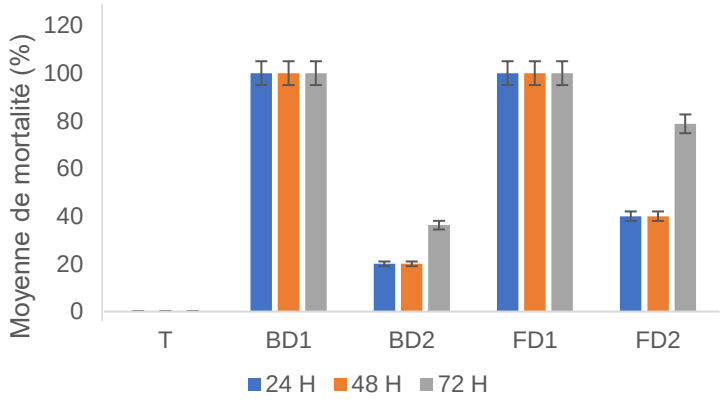


Figure V.1 : Evaluation de la toxicité des extraits aqueux *d'Urginea maritima* sur les larves de *Meloidogyne spp*.

F : Feuille *d'Urginea* ; B : Bulbe *d'Urginea* ; H : heure ; D1 : Dose 1 (50%) ; D2 : Dose 2 (6,25%).

V.1.2. Toxicité des extraits aqueux de la partie aérienne

Les résultats du taux de mortalité des larves de stade L2 de l'espèce *Meloidogyne* spp, suite à l'application de différentes concentrations de l'extrait aqueux des feuilles *d'Urginea*, ainsi que les probabilités obtenues par l'analyse de variance de type GLM, sont présentés dans le tableau V.1.

Les résultats du tableau V.1 mettent en évidence une relation hautement significative entre les différentes concentrations de traitement et le nombre de galles observées ($p = 0,000$; $p < 0,001$), ce qui indique un impact considérable sur la survie des larves.

En revanche, aucune différence significative n'a été observée en ce qui concerne l'influence de la durée d'immersion sur le taux de mortalité des larves ($p = 0,89$; $p > 0,05$).

La dose D1 (50%) a démontré un effet toxique très élevé, entraînant un taux de mortalité de 100% même après 72 heures d'exposition. Quant à la dose 2 (6,25%), elle a provoqué un taux de mortalité dépassant les 75% après 72 heures d'immersion.

En ce qui concerne le témoin aucune mortalité n'est enregistré au cours des 72 heures de l'exposition.

Tableau V.1 : Taux de mortalité des larves de *Meloidogyne* spp. sous l'effet des extraits aqueux de la partie aérienne *d'Urginea maritima*.

	Témoin	**Dose 1**	**Dose 2**	F-ratio	*p* value
24 H	0	100	40		
48 H	0	100	40	120,136	0,000***
72 H	0	100	78,75		
F-ratio		1,717			
p value		$0,89^{NS}$			

NS : Non significative ; *** : Significative à 0,1‰

V.1.3. Toxicité des extraits aqueux de la partie racinaire (le bulbe)

Les résultats du taux de mortalité des larves de stade L2 de l'espèce *Meloidogyne* spp, suite à l'application de différentes concentrations de l'extrait aqueux de bulbe *d'Urginea*, ainsi que les probabilités obtenues par l'analyse de variance de type GLM, sont présentés dans le tableau V.2.

Les résultats du tableau V.2 suggèrent que l'extrait aqueux de bulbe *d'Urginea* semble être moins efficace que celui des feuilles, et que les différentes concentrations de traitement ont un effet extrêmement significatif sur le nombre de galles observées (p = 0,000 ; p < 0,001).

Par ailleurs, aucune différence significative n'a été observée en ce qui concerne l'influence de la durée d'immersion sur le taux de mortalité des larves (p = 0,18 ; p > 0,05).

La dose D1 (50%) a démontré un effet toxique très élevé, provoquant une mortalité de 100% des larves même après 72 heures d'exposition. En revanche, la faible dose D2 (6,25%) a montré un effet toxique plus faible, avec un taux de mortalité de 36,25% des larves de stade L2 après 72 heures d'immersion.

Aucune mortalité n'a été enregistrée au cours du temps d'exposition pour le groupe témoin.

Tableau V.2 : Taux de mortalité des larves de *Meloidogyne* spp. sous l'effet des extraits aqueux de bulbe *d'Urginea maritima*.

	Témoin	**Dose 1**	**Dose 2**	F-ratio	*p* value
24 H	0	100	20		
48 H	0	100	20	120,13	0,000***
72 H	0	100	36,25		
F-ratio		1,7			
p value		$0,18^{NS}$			

NS : Non significative ; *** : Significative à 0,1‰

V.1.4. Toxicité comparée des extraits des feuilles et de bulbe *d'Urginea maritima* sous l'effet de différentes doses

Le modèle G.L.M. (Generalized Linear Model) a été utilisé pour évaluer l'effet biocide des traitements à base des feuilles et des bulbes *d'Urginea maritima* en fonction du temps d'immersion et des doses testées. Les résultats de l'analyse révèlent des conclusions significatives et informatives. Tout d'abord, il a été démontré que la toxicité varie de manière significative en fonction des organes utilisés, avec une probabilité *p* de 0,009, indiquant un impact significatif ($p < 0,05$). De plus, la relation entre les concentrations testées et l'effet biocide est très hautement significative, avec une probabilité *p* de 0,000, mettant en évidence une relation claire et solide ($p < 0,001$).

En examinant de plus près les résultats, la figure V.2. illustre de manière éloquente la différence de toxicité entre les extraits de feuilles et de bulbes *d'Urginea maritima*. Les extraits de feuilles montrent une toxicité notablement plus élevée par rapport aux extraits de bulbes. Cette observation est en accord avec les analyses statistiques précédentes et renforce la pertinence de ces résultats. Par ailleurs, en considérant les différentes concentrations testées, il est clair que l'effet biocide des extraits à la dose D1 (50%) est plus prononcé que celui observé avec la dilution à 6,25% (D2), soulignant l'importance de la concentration dans l'efficacité du traitement.

En ce qui concerne le temps d'immersion, l'analyse de la variance révèle que cet élément n'a pas d'effet significatif sur la toxicité des produits, avec une probabilité *p* de 0,15, indiquant que le temps d'immersion ne joue pas un rôle déterminant dans les taux de mortalité observés ($p > 0,05$). Cependant, il est intéressant de noter que des taux de mortalité élevés ont été enregistrés dès les 24 heures d'immersion, suggérant une action rapide des traitements sur les larves de *Meloidogyne spp*.

En résumé, l'application du modèle G.L.M. a permis de mettre en évidence des relations significatives entre les traitements à base de feuilles et de bulbes *d'Urginea maritima*, les concentrations utilisées et l'effet biocide sur les larves de *Meloidogyne spp*. Ces résultats fournissent des informations importantes pour la compréhension de l'efficacité de ces traitements dans la lutte contre cette espèce de nématodes.

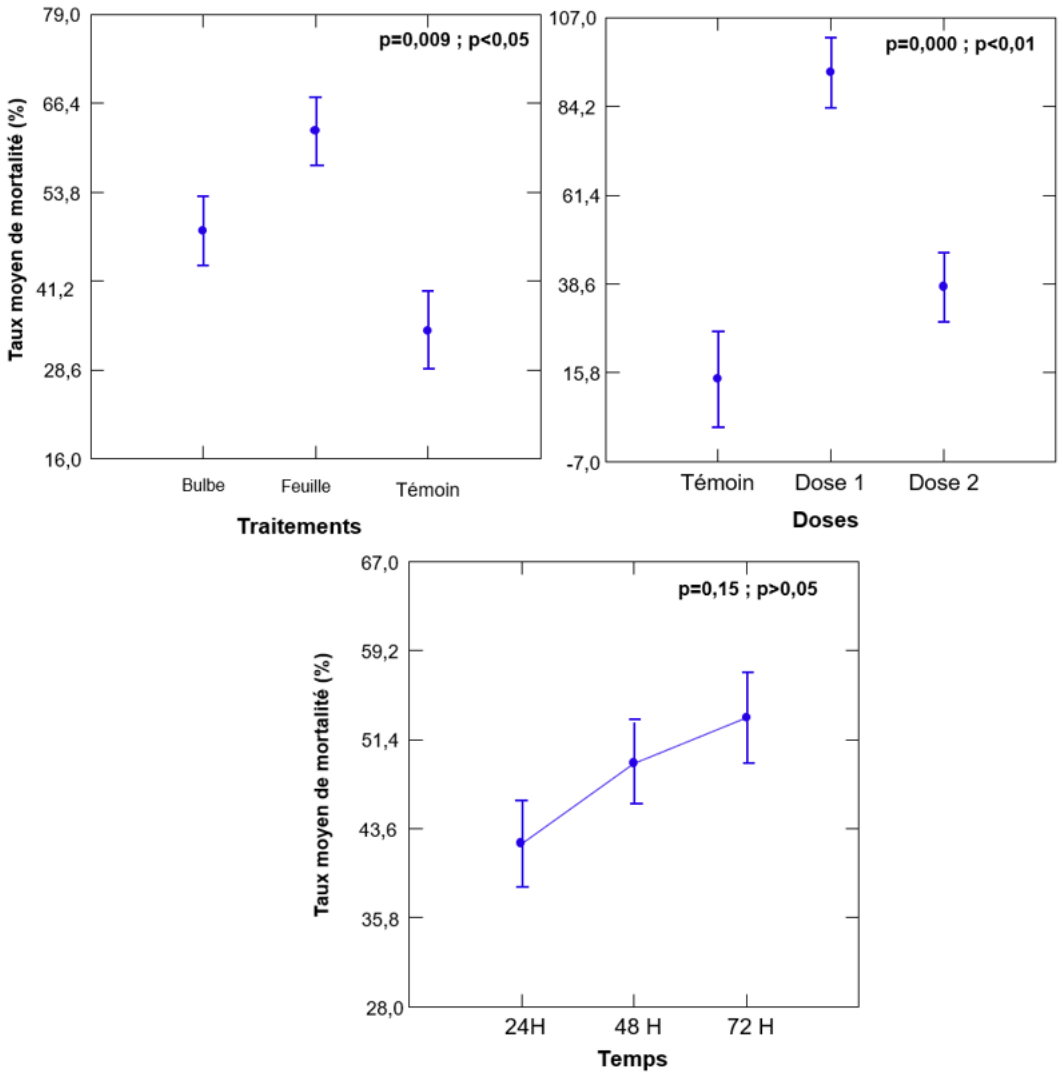


Figure V.2 : Toxicité comparée des extraits aqueux *d'Urginea maritima* sur les larves de *Meloidogyne spp.*

H : heure ; D1 : Dose 1 (50%) ; D2 : Dose 2 (6,25%).

V.2. Evaluation *in-vivo* de l'efficacité des feuilles et de bulbe *d'Urginea maritima* dans la régulation du développement des nématodes à galles.

V.2.1. Effet sur le degré d'infestation par les *Meloidogyne* (Nombre de galles)

Les résultats obtenus, comme indiqué dans la Figure V.3., révèlent que par rapport au groupe témoin non traité (33,67 galles), les amendements organiques appliqués ont significativement réduit le taux d'infestation des plants de tomate par les *Meloidogyne*.

En ce qui concerne les feuilles *d'Urginea*, les résultats montrent que leur effet est similaire, que ce soit sous forme sèche ou fraîche, ainsi qu'à la dose complète et à

la demi-dose. Cependant, il convient de noter que la forme sèche appliquée à la demi-dose (D2) présente un effet modeste, bien qu'inférieur à celui observé chez les plants témoins non traités.

En ce qui concerne le bulbe *d'Urginea*, les résultats montrent un effet similaire sur le nombre de galles par rapport aux feuilles, avec un effet légèrement plus faible de l'amendement organique à base de bulbe à la dose faible.

Lorsqu'on compare l'effet des deux parties de la plante (feuilles et bulbe), les amendements testés avec les deux doses ont montré des effets comparables.

Ces résultats soulignent l'efficacité des amendements organiques, qu'ils soient à base de feuilles ou de bulbes d'Urginea, dans la réduction de l'infestation des plants de tomate par les *Meloidogyne*. Ils suggèrent également que l'effet des deux parties de la plante est globalement similaire, bien que certaines nuances puissent être observées en fonction de la forme et de la dose d'application.

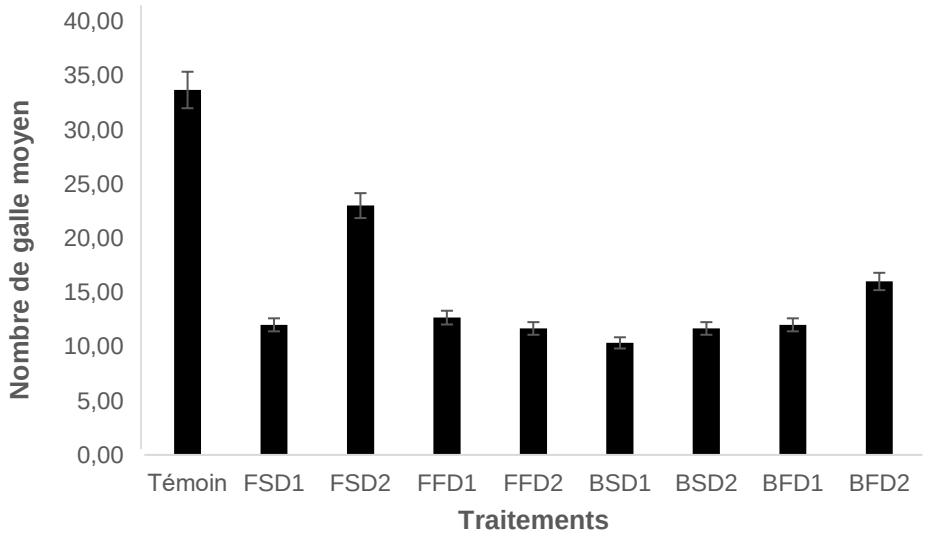


Figure V.3 : Effet des différents traitements sur le degré d'infestation des racines.

UFSD1 : U. *maritima* feuille sec dose ; **UFSD2 : U.** *maritima* feuille sec demi-dose ; **UFFRD1 *:*** *U. maritima* feuille frais dose ; **UFFRD2 *:*** *U. maritima* feuille frais demi-dose ; **UBSD1 :** *U. maritima* bulbe sec dose ; **UBSD2 :** *U. maritima* bulbe sec demi-dose ; UBFRD**1 :** *U. maritima* bulbe frais dose ; **UBFRD2 :** *U. maritima* bulbe frais demi-dose ; T **:** témoin (sans fumigant avec nématodes).

Afin de visualiser de manière plus claire l'effet toxique des amendements organiques à base de feuilles et de bulbes *d'Urginea maritima*, ainsi que leur

dosage, sur le nombre de galles causées par les *Meloidogyne* spp., nous avons présenté les résultats dans le tableau V.3.

Les résultats présentés dans le tableau V.3 démontrent de manière significative que les différents amendements organiques testés ont considérablement réduit le nombre de galles par rapport aux témoins non traités. Ces traitements ont montré une différence très hautement significative, avec une probabilité *p* de 0,000, soulignant ainsi leur efficacité marquée ($p < 0,001$). Il est important de noter que tant les feuilles que les bulbes d'Urginea ont démontré des effets similaires, que ce soit sous forme sèche ou fraîche, ainsi qu'à la dose complète et à la demi-dose.

Toutefois, le tableau révèle également une différence non significative en ce qui concerne les différentes doses des amendements testés, avec une probabilité *p* de 0,46, indiquant que les différentes concentrations utilisées n'ont pas eu un impact significatif sur le nombre de galles observées ($p > 0,05$).

Ces résultats mettent en évidence l'efficacité notable des amendements organiques à base de feuilles et de bulbes *d'Urginea* maritima dans la réduction du nombre de galles causées par les *Meloidogyne spp.* De plus, ils suggèrent que la forme et la dose d'application n'ont pas influencé de manière significative l'efficacité des traitements.

Tableau V.3 : Nombre de galle de *Meloidogyne* spp. sous l'effet des amendements organiques à base de feuilles et de bulbe *d'Urginea maritima*.

	Témoin	**Feuilles**		**Bulbe**		F-ratio	*p* value
		Fraîche	**Sèche**	**Fraîche**	**Sèche**		
Dose 1	33,67	12,67	12	12	10,33	12,11	$0,000^{***}$
Dose 2		11,67	23	16	11,67		
F-ratio	4,48						
p value	$0,46^{NS}$						

NS : Non significative ; *** : Significative à 0,1‰

V.2.2. Toxicité comparée des extraits des feuilles et de bulbe *d'Urginea maritima* sous l'effet de différentes doses

L'application du modèle G.L.M. aux résultats obtenus nous permet de conclure que le taux d'infestation estimé par le nombre moyen de galles varie de manière significative en fonction des traitements (partie aérienne - les feuilles et partie racinaire - les bulbes) ($p = 0,000$; $p < 0,01$) et des doses ($p = 0,04$; $p < 0,05$). En revanche, la forme des amendements n'a pas montré de différence significative ($p = 0,52$; $p > 0,05$).

En comparaison avec le groupe témoin non traité, tant les feuilles que les bulbes d'Urginea ont considérablement réduit le nombre de galles. Cependant, les résultats n'ont pas révélé de différence notable entre la forme sèche et fraîche des amendements.

Par ailleurs, les résultats concernant l'effet de la dose des amendements organiques ont mis en évidence l'efficacité de la dose élevée (D1) par rapport à la dose faible (D2).

Ces observations soulignent l'importance du choix du traitement (feuilles vs bulbes) ainsi que de la dose utilisée dans la réduction du nombre de galles causées par les Meloidogyne. Ils indiquent également que la forme des amendements (sèche vs fraîche) n'a pas d'impact significatif sur leur efficacité.

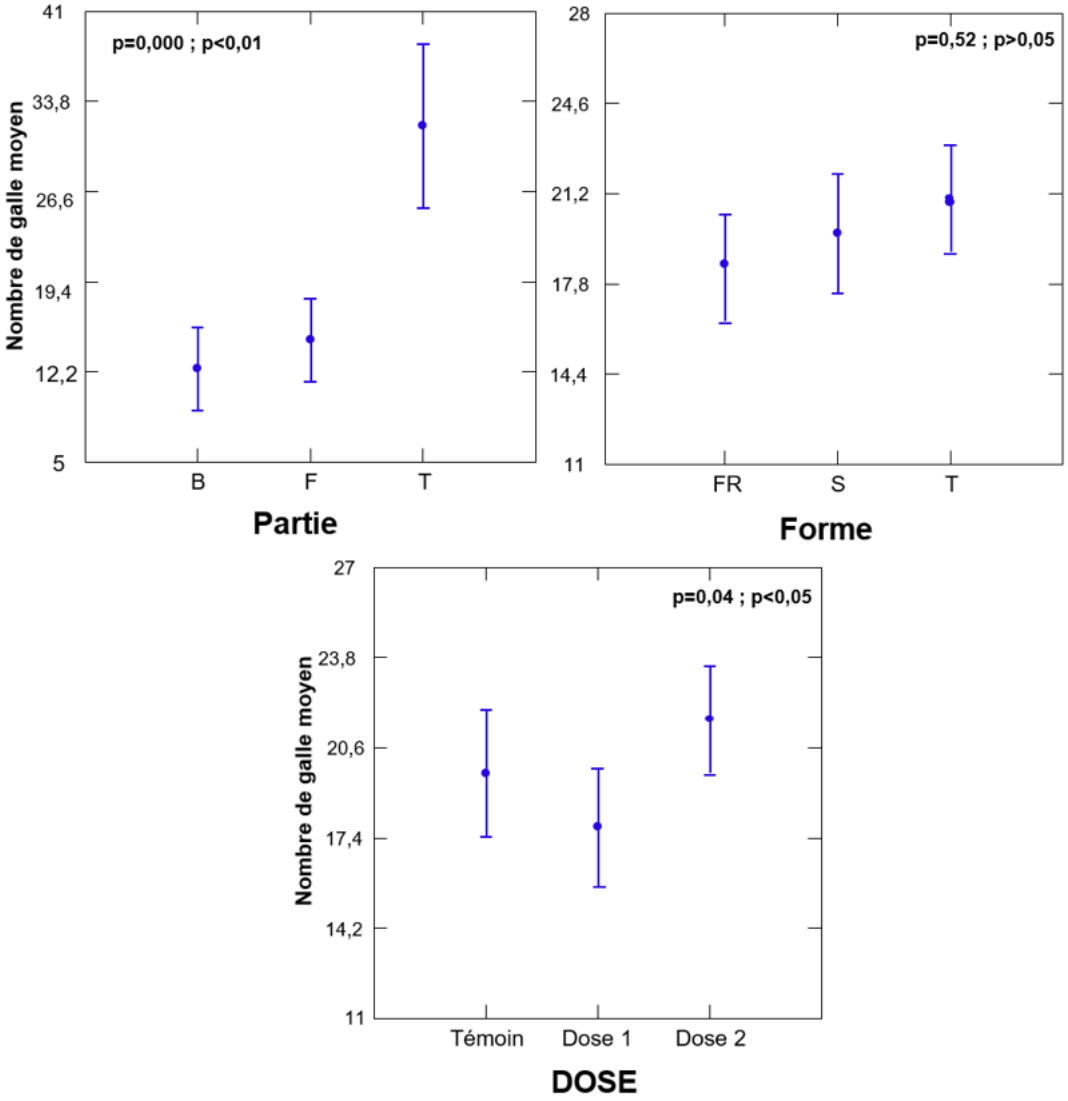


Figure V.4 : Modulation comparée de nombre de galles selon les différents traitements.

V.3. Comparaison entre l'effet *in-vivo* et *in-vitro* des feuilles et de bulbe *d'Urginea maritima* sur les nématodes à galle du genre *Meloidogyne*

Cette partie des résultats est consacrée à la présentation de la comparaison entre l'effet *in-vivo* et *in-vitro* des feuilles et de bulbe *d'Urginea maritima* sur les nématodes à galle du genre *Meloidogyne*. Les résultats relatifs à chaque paramètre sous l'effet des biocides végétal et leurs doses, ainsi que les probabilités obtenues par le test GLM sont exposés dans le tableau V.4.

La comparaison des taux de mortalité par paire fait ressortir l'effet similaire de bulbe et des feuilles à la forte dose (D1) et l'effet individualisé et significatif des feuilles par rapport au bulbe à la faible dose (D2).

Cependant la dose des traitements montre une différence significative.

En revanche les probabilités obtenues par le test de GLM appliquées pour les tests *in vivo* illustrent des différences non significatives de point de vue traitements et dose ce qui montre une similarité des biofertilisants à base des feuilles ou de bulbe quant à leur capacité à réduire le nombre de galle des nématodes à galles du genre *Meloidogyne*.

En comparaison des probabilités entre l'effet *in vitro* et *in vivo* les feuilles et le bulbe d*'Urginea maritima* semblent plus efficace sur les larves de Meloidogyne in vitro que in vivo.

Tableau V.4 : Comparaison par paire de l'activité nématicide des amendements organiques d'origine animale et végétale.

	In vitro (TM%)		***p*-Value**	**In vivo (Nombre de gale)**		***p*-Value**
	Feuilles	**Bulbe**		**Feuilles**	**Bulbe**	
Dose 1	100	100	**0,02***	12,33	11,17	**0,84^{NS}**
Dose 2	78,75	36,25		17,33	13,83	
***p*-Value**	**0,000*** **			**0,37^{NS}**		

NS : non significative ; * : significative à 0,01% ; *** : Significative à 0,1‰

V.4. Discussion

Les plantes constituent une importante source de molécules pour le développement de nouveaux biopesticides grâce à leurs métabolites secondaires. Les extraits de plantes sont actuellement considérés comme une source prometteuse de molécules naturelles bioactives. Ils ont fait l'objet de nombreuses études en vue de leur utilisation potentielle comme alternative aux traitements chimiques tels que les insecticides, les bactéricides, les nématicides et les fongicides Yakhlef G. (2010). Plusieurs auteurs ont mis en évidence la présence de molécules actives telles que les composés phénoliques efficace dans la lutte contre les nématodes (Siddiqui 1988 et Faouzi A. 2002).
Les résultats de l'étude *in vitro* réalisée par **HANTABLI et *al* 2021**, ont montré que les extraits aqueux de l'espèce végétale *Urginea maritima* avec ces deux partie aérienne et souterraine présentent une activité nématicide envers les larves du deuxième stade en fonction de la dose testée et le temps d'immersion.

HANTABLI et *al* 2021 ont comparé et discuté leurs résultats obtenus avec plusieurs travaux que nous allons les citer dans parties suivantes :

En premier lieu avec les travaux de Zaidat et al. (2020), qui ont également démontré les effets positifs des extraits aqueux et méthanoliques de cinq plantes appartenant à quatre familles botaniques différentes (Peganum harmala L., Raphanus raphanistrum L., Taxus baccata L., Sinapis arvensis L., et Ricinus communis L.) sur la mortalité des L2 de *Meloidogyne incognita*. Les échantillons de plantes ont été collectés à différents niveaux bioclimatiques en Algérie à la fin de leur stade végétatif en 2017.

Dans l'étude de Zaidat et al., les extraits méthanoliques se sont révélés significativement plus efficaces que les extraits aqueux. Les extraits méthanoliques de Taxus baccata, Peganum harmala et Sinapis arvensis ont enregistré les taux de mortalité les plus élevés, atteignant respectivement 100%, 89,2% et 86,6%. De plus, l'extrait aqueux de Taxus baccata a également présenté un taux de mortalité élevé, atteignant 73,8%. Ces résultats corroborent les observations de notre étude concernant l'efficacité des extraits de plantes sur la mortalité de *Meloidogyne incognita*.

De même, Nebih et al. (2019) ont également constaté que les extraits aqueux des feuilles de quatre plantes, à savoir Artemisia herba-alba, Artemisia absinthium, Lantana camara et Urginea maritima, présentaient une toxicité in vitro sur les larves (L2) de Globodera spp. L'effet biocide des extraits était proportionnel à la durée d'exposition des larves (L2), et les taux de mortalité les plus élevés ont été enregistrés pour l'extrait aqueux des deux espèces d'Artemisia (A. herba-alba et A. absinthium), avec une action presque similaire atteignant 95%. De plus, l'extrait d'A. herba-alba a montré une activité biocide de 100% sur les larves de Globodera dans les premières heures (24 heures). Les extraits de Lantana camara et d'Urginea maritima ont présenté un effet toxique moins prononcé, tandis que l'hydrolat d'A. herba-alba a révélé une faible toxicité de 45%. Ces résultats semblent très prometteurs, soulignant ainsi l'efficacité des extraits aqueux des plantes testées.

Pour l'étude *in vivo* réalisée par **ANNAG A. 2015**, les résultats révèlent une efficacité des feuilles et de bulbe *D'Urginea maritima* dans la réduction de nombre de galle des nématodes à galles du genre *Meloidgyne*. Et que ces derniers n'ont pas montré des différences significatives en ce qui concerne la dose de l'amendement et la forme de ce dernier (sèche et fraîche). L'auteur suscité a discuté ses résultats comme suit :

Ces résultats concordent avec les travaux de recherche réalisés par Annabi et al. (2009), Ismail et al. (2011), Vedie (2008), Anonyme (2005) et Van Schöll (1998), qui ont démontré que l'incorporation de matière organique et d'engrais verts améliore les propriétés physico-chimiques des sols, leur capacité de rétention d'eau, et contribue à la stabilité structurale. De plus, ces pratiques favorisent l'activité biologique du sol et améliorent la disponibilité des éléments fertilisants, ce qui stimule la croissance et le développement des plantes.

Selon Janvier (2007), les résidus de cultures incorporés dans le sol, tels que les engrais verts, sont riches en matière organique fraîche non décomposée ou fermentée. Cette matière organique peut être plus facilement dégradable que celle des produits compostés, en fonction de la teneur en cellulose et en lignine du matériau d'origine. La décomposition biologique de ces résidus de culture peut produire de nombreux composés actifs bénéfiques.

Par ailleurs, l'incorporation d'engrais verts dans le sol a été démontrée pour améliorer la croissance quotidienne des plants de tomate (Moussouni, 2014) et augmenter les rendements des cultures (Pare et al., 1992; Harris et al., 1994 ; Kuo et al., 1996). En ce qui concerne les amendements conventionnels tels que les engrais NPK, ils sont destinés à fournir des éléments nutritifs supplémentaires aux plantes afin d'améliorer leur croissance, d'augmenter les rendements et la qualité des produits, tout en stimulant le développement des plantes (Bationo Mokwunge, 1991 ; Sedogo, 1993).

Après ces résultats nous supposons qu'*Urginea maritima* peut présenter une activité biocide contre les larves de nématodes en raison de la présence de composés chimiques spécifiques dans ses extraits. Cette plante contient diverses substances telles que des saponines, des alcaloïdes, des flavonoïdes et des composés phénoliques, qui ont été identifiées comme ayant des propriétés biologiques actives.

Les saponines, par exemple, sont connues pour leur action insecticide et nématicide. Elles peuvent perturber les membranes cellulaires des nématodes, entraînant leur mort. Les alcaloïdes présents dans *Urginea maritima* ont également été associés à des activités nématicides en interférant avec les processus physiologiques essentiels des parasites.

De plus, les flavonoïdes et les composés phénoliques ont démontré des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes, qui peuvent jouer un rôle dans l'activité biocide contre les larves de nématodes.

Il est important de souligner que les mécanismes précis d'action des composés présents dans *Urginea maritima* sur les larves de nématodes ne sont pas encore entièrement compris et peuvent varier en fonction des spécificités des espèces de nématodes ciblées. Cependant, les études réalisées jusqu'à présent suggèrent un potentiel prometteur de cette plante pour le développement de méthodes de lutte biologique contre les nématodes parasites.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

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, à cet égard, nous avons comparé des études antérieures pour le même objectif visé. Dans le but est de recherché une méthode alternative aux nématicides qui reste la méthode la plus utilisée.

En effet, l'intérêt actuel pour la préservation de l'environnement pour une agriculture durable nécessite la recherche de procédés alternatifs. On note dans plusieurs études que les biopesticides à base de micro-organismes ou de plantes sont le titre d'une recherche intéressante compte tenu des avantages qu'ils procurent.

Notre étude comparative des résultats *in vitro* réalisé par **HANTABLI et *al* 2021** a montré que les extraits aqueux à base de feuilles et de bulbe d'*Urginea maritima* avaient une activité nématicide significative sur la mortalité des larves de *Meloidogyne* et que à la forte dose (D1) l'effet de bulbe et des feuilles est similaire par contre à la faible dose (D2) l'effet est individualisé et significatif des feuilles par rapport au bulbe.

Pour l'effet *in vivo* réalisé par **ANNAG A. 2015**, les résultats illustrent un effet remarquable des feuilles et de bulbe sur le nombre de galles, cependant des différences non significatives sont enregistrées de point de vue traitements et dose ce qui montre une similarité des biofertilisants à base des feuilles ou de bulbe quant à leur capacité à réduire le nombre de galle des nématodes à galles du genre *Meloidogyne*.

En perspective Il serait pertinent de réaliser des études approfondies pour évaluer l'efficacité du biocide naturel sur d'autres stades de développement du *Meloidogyne*, tels que les œufs et les adultes. Cela permettrait d'obtenir une image plus complète de son potentiel d'action contre cette espèce de nématodes, d'autre part et pour évaluer pleinement le potentiel du biocide naturel, il serait important de réaliser des essais à grande échelle dans des conditions réelles d'utilisation, telles que des parcelles agricoles infestées par les nématodes. Ces essais permettraient de déterminer l'efficacité du biocide naturel dans des contextes réels de production agricole.

La poursuite de ces recherches contribuera à développer des alternatives durables et respectueuses de l'environnement pour la lutte contre ces nématodes nuisibles, tout en favorisant une agriculture plus saine et plus productive.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **AGRIOS G., 2005.** Plant pathology.5eme edition. Elsevier Academic Press, U.S.A, 922 p.
2. **AGUDELO P.A., LEWIS S.A et ABRIL M.A., 2006**. First report of root knot nematode Meloidogyne javanica on chrysanthemum in Colombia. Plant disease.Vol.90, pp.828.
3. **ALLAGUI, N.E., TAHROUCH, S., BOURIJATE, M. and HATIMI, A., 2007.**Action de différents extraits végétaux sur la mortalité des nématodes à galles du genre Meloidogyne ssp. *Acta BotanicaGallica*, *154*(4), pp.503-509.
4. **ANNABI M., BAHRI H., LATIRI K., 2009-** Statut organique et respiration microbienne des sols du nord de la Tunisie. *Base,* 13(3) : 401-408.
5. **ANONYME, 2005-** quelque notions de fertilisation. Conseil pour le développement de l'agriculture, 46p.
6. **BATIONO A., MOKWUNGE A.U., 1991- Alleviating** soil fertility constrants to increased crop production in West Africa. The experience in the Sahel. *Fertilizer Research,* 29:95-115.
7. **Blancard,D 2013.** Antagonistic effect of *Steinernema abbasi* and *Heterorhabditis indica* Philippine isolates on root penetration anddevelopment of *Meloidogyne incognita* in tomato Pages 865-876 | Received 26 May 2020, Published online: 05 Apr 2021
8. **BRODIE, B.B., EVANS, K. and FRANCO, J., 1993.** Nematode parasites of potatoes. *Plant parasitic nematodes in temperate agriculture.*, pp.87-132.
9. **CASTAGNONE-SERENO P., 2002.** Genetic variability in parthenogenetic root knot nematodes,Meloidogyne spp. And their ability to overcome plant resistance genes.Nematology.Vol.4, pp.605-608.
10. **CASTAGNONE-SERENO.,2002.** P. Genetic variability of nematodes: a threat to the durability of plant resistance genes?. *Euphytica* 124, 193–199 .

11. **CASTILLO P., LANDA B.B., NAVAS-CORTES J.A, VOVLAS N., JIMENEZDIAZ R.M., 2006**. First report of Meloidogyne arenariaparasiting lettuce in southern Spain. Plant disease.V.90, p.975
12. **CAYROL J C., DJIAN C., PANCHAUD-MATTEI E., 1993**. La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites.Courrier de la cellule environnement de l'INRA N.17, PP.31-44.
13. **CAYROL, J.C. and FRANKOWSKI, J.P., 1979.** A method of biological control of root gall nematodes of the genus Meloidogyne. *Rovue Horticole*, *193*, pp.15-23.
14. **CAYROL, J.C., DJIAN, C. AND FRANKOWSKI, J.P., 1993**. Efficacy of abamectin B1 for the control of Meloidogyne arenaria. *Fundamental and AppliedNematology*, *16*(3), pp.239-246.
15. **CAYROL, J.C., DJIAN-CAPORALINO, C. and Panchaud-Mattei, E., 1992.**La lutte biologique contre les Nématodes phytoparasites. *COURRIER DE LA CELLULE ENVIRONNEMENT INRA*, *17*(17), pp.31-44.
16. **CHITWOOD M. D.,1951.** Notes on the physiology of Meloidogyne javanica (Treub, 1885), Nematoda: Heteroderidae. *The Journal of parasitology*, *37*(1), 96–98
17. **COLLANGE, B., NAVARRETE, M., PEYRE, G., MATEILLE, T. and TCHAMITCHIAN, M., 2011**. Root-knot nematode (Meloidogyne) management in vegetable crop production: The challenge of an agronomic system analysis. Crop protection, 30(10), pp.1251-1262.
18. **CORTADA, L., SORRIBAS, F.J., ORNAT, C., KALOSHIAN, I. and VERDEJO-LUCAS, S., 2008.** Variability in infection and reproduction of Meloidogyne javanica on tomato rootstocks with the Mi resistance gene. *Plant Pathology*, *57*(6), pp.1125-1135.
19. **DAHMANE, T., 2011.** *Contribution à l'Etude de l'Activité Nématicide de Quelques Extraits de Plantes Contre Meloidogyne incognita (White et Kofoid, 1919) Chitwood 1949 (Nematoda: Meloidogynidae)* (Doctoral dissertation).

20. **DE GUIRAN G. et NETSCHER G., 1970.** Les nématodes du genre Meloidogyne. Parasites des cultures tropicales. Cahier O.R.S.T.O.M. série nématologie : 151-181.
21. **DE GUIRAN G., 1983.** Les nématodes parasites des cultures en pays tempéré. Ed. Le littoral. S.A Bezier., 42 p.
22. **Deravel, J., Krier, F. and Jacques, P., 2013.** Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*.
23. **EISENBACK, J.D. (1985)** Detailed morphology and anatomy of second-stage juveniles, males and females of the genus *Meloidogyne* (root-knot nematodes). In *An Advanced Treatise on Meloidogyne* (Sasser, J.N. and Carter, C.C., eds), Vol. 1, pp. 47– 77. Raleigh, NC: North Carolina Department of Plant Pathology and US Agency for International Development.
24. **EISENBACK, J.D., SASSER, J. and CARTER, C., 1985.** Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (Meloidogyne spp.). *An advanced treatise on Meloidogyne*, *1*, pp.95-112.
25. **EVANS K., TRUDGILL D.L., WEBSTER J.M., 1993.** Plant parasitic nematode on temperate agriculture. Ed. Cab International, London, 647 p.
26. **EVANS, K. and HAYDOCK, P.P.J., 1993**. Interactions of nematodes with root-rot fungi. In *Nematode interactions* (pp. 104-133). Springer, Dordrecht.
27. **FAOUZI A. (2002).** Etude sur l'utilisation des nématicides et la persistance du
28. **FATEMEH NEJATBAKHSH A, HOSSEIN KAREGAR.BORZI A, GHOLA MREZA AMIN B,**
ALIREZA ESLAMINEJAD C, MOSTAFA HOSSEINI D, MAHBUBEH BO ZORGI E, MEHRNAZ ASADI GHARABAGHI F ,2017 : Squill Oxymel, a traditional formulation from Drimia Maritima (L.) Stearn, as an add-on

treatment in patients with moderate to severe persistent asthma: A pilot, triple-blind, randomized clinical trial.

29. fenamiphoros sur la culture de tomate sous serre dans la région de Souss Massa

30. **GUY BELAIR, 2005.** Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes... par la racine (Érudit Revues Phytoprotection Volume 86, numéro 1, avril 2005, p. 1-82). Résumés de communications [Société de protection des plantes du Québec. 97e Assemblée annuelle (2005) Gatineau (Québec), 9 et 10 juin 2005] .

31. **HARRIS G.H., HESTERMAN O.B., PAUL E.A., PETER'S E., JANKE R.R., 1994-** Fate of legume and fertilizer Nitrogen-15 in a long-term cropping systems experiment. *Agron.* 86: 910–915.

32. **HOOPER D.J et EVANS K., 1993.** Extraction, identification and control of plant parasitic nematodes in plant parasitic nematodes in temperate agriculture.Cab international, London, 648 p

33. **ISMAIL A.E., ABD-El-MAGEED M.M., RASHAD A.A.,AWAAD M.S., 2011-** Root-knot nematode, *Meloidogyne* incognita suppression and changes of grapevine yield properties determined by waste residues from jojoba, black seed oil extraction and slow release nitrogen fertilizer.*Nematol*., 29: 187-205.

34. **JANVIER C., VILLENEUVE F., ALABOUVETTE C., EDEL-HERMANN V., MATEILLE T., STEINBERG C., 2007-** Soil health through soil disease suppression: which strategy from descriptors to indicators? *Soil Biology & Biochemistry, 39*: 1-23.

35. **JATALA, P. and bocangel, M., 1979**. Biological control of Meloidogyne incognita acrita and Globodera pallida on potatoes.

36. **JONES J.B., STOLL RE., ZITTEN T.A., 1997.** Compendium of tomato diseases A.P.S pess. The American phytopathological society, U.S.A., 73 p.

37. **KARAJEH M., ABU GHARBIEH W., et MASSAOUD S., 2005.**First report of the root knot nematode Meloidogyne arenaria race 2 from several vegetable crops in Jordan. Pant disease.Vol.89, pp.206.

38. **KAŞKAVALCI, G. and CIVELEK, H.S., 2009.** Effects of two plant extracts on the damage of Meloidogyne incognita in tomato plants.
39. **KORAYEM, A.M., 2003.** Effect of some organic wastes on Meloidogyne incognita development and tomato tolerance to the nematode. *Egypt. J. Phytopathol*, *31*(1-2), pp.119-127.
40. **KUO S., SAINJU U.M., JELLUM E., 1996-** winter cover cropping influence on nitrogen mineralization, presidedress soil nitrate test, and corn yields. *Biol. Fertil. Soils*, 22: 310–317.
41. **LAURENT PAGE et MARCEL GRUME 2014.** Biopesticides, des insecticides naturels – Agroneo (agroneoWeb).
42. **LOPEZ-PEREZ, J.A., LE STRANGE, M., KALOSHIAN, I. and PLOEG, A.T., 2006.** Differential response of Mi gene-resistant tomato rootstocks to root-knot nematodes (Meloidogyne incognita). *Crop Protection*, *25*(4), pp.382-388.
43. **MCSORLEY, R. and PHILLIPS, M.S., 1993.** Modelling population dynamics and yield losses and their use in nematode management. *Plant parasiticnematodes in temperate agriculture.*, pp.61-85.
44. **MEZERKET, AMINA 2010**. Evaluation de l'efficacité des huiles essentielles de quelques plantes contre Meloidogyne incognita (White et Kofoid, 1919) Chitwood 1949 (Nematoda : Meloidogynidae), thèse de de magister, école nationale supérieure agronomiques, (127 p,)
45. **MOKABLI M., 1988.** Principaux facteurs qui déterminent l'importance et l'agressivité des Meloidogyne sous abri serre en Algérie. Thèse. Mag. Agro. I.N.A. El-Harrach, 69 p
46. **MOOSAVI, M.R., ZARE, R., ZAMANIZADEH, H.R. and FATEMY, S., 2011.** Pathogenicity of Verticilliumepiphytum isolates against Meloidogyne javanica. *International Journal of Pest Management*, *57*(4), pp.291-297.
47. **MOUSSOUNI A., 2014-** Effet des amendements organique sur la régulation de *Meloidogyne* (*Nematoda*, *Meloîdogynidae*) sur tomate.thése m.2 en phytopharmacie, univ.blida1, 52p.

48. **NEAL, J. C. (1889)**The root-knot disease of peach, orange, and other plants in Florida. U.S. Department of Agriculture, Division of Entomology, Bulletin 20, 1–31.
49. **Nebih, H.S.D. and Charif, F., 2019.** Toxicity of plant extracts on larvae (L2) of potato cyst nematode Globodera spp.(Nematoda, Heteroderidae). *AgroBiol ogia*, *9*(1), pp.1234-1241.
50. **NEBIH, H.S.D. and CHARIF, F., 2019.** Toxicity of plant extracts on larvae (L2) of potato cyst nematode Globodera spp.(Nematoda, Heteroderidae). *AgroBiologia*, *9*(1), pp.1234-1241.
51. **OKA, Y., 2010.** Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments—a review. AppliedSoilEcology, 44(2), pp.101-115.
52. **ORNAT, C., VERDEJO-Lucas, S. and SORRIBAS, F.J., 2001.** A population of Meloidogyne javanica in Spain virulent to the Mi resistance gene in tomato. *Plant Disease*, *85*(3), pp.271-276.
53. **ORTON W.K., 1973.** Meloidogyne javanica, Meloidogyne arenaria et Meloidogyne incognita. C.I.H. Description of plant parasitic nematode. Set 1, 2,3 N.18, pp. 1-15.
54. **PAR DAOUDI AMINE, *ET* BAMMOU MOHAMED** Activité Antifongique Des Extraits Aqueux De Calendula Officinalis L, Urginea Maritima (L.) Baker Et Chenopodium Ambrosioides L. August 2017 European Scientific Journal 13(24):483-497 DOI: 10.19044/esj.2017.v13n24p483
55. **PARE T., CHALIFOUR F.P., BOURASSA J., ANTOUN H., 1992-** Forage corn dry matter yields and N uptake as affected by previous legumes and nitrogen fertilizer.*Plant. Sci.,* 72: 699–712.
56. **RADWALD J D., 1978.** Nematode disease of food and fiber crops of the south western United States. Ed. Division of agricultural science university of California, 64 p
57. **RAYNAL G., GONDRAN J., BOURNOVILLE R., COURTILLOT M., 1989.**Ennemie et maladies des prairies, paris, 249p.
58. **REDDY P., 1983**. Plant nematology. Ed. Agri. Publ. Acad. India, 287 p

59. **ROLAND PERRY, MAURICE MOENS, JAMES L. STARR, (2009**). - Root-Knot Nematodes, Cambridge, MA: CABI North American Office. (530 p,)

60. **SCOTTO LA MASSESE J C., 1962.** Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie. Ass .Coor .Trrav .Agri. F.N.H.P.C. Versailles, pp. 83-105.

61. **SEDOGO M.F., 1993-** Evolution des soils ferrugneux lessives sous culture influence des modes de gestion sula fertilile. Thèse doc. Univ. Nat. de Corte d'lvore.198p.

62. **SELLAMI, S., LOUNICI, M., EDDOUD, A. and BENSEGHIR, H., 1999**. Distribution et plantes hôtes associées aux Meloidogyne sous abri plastique en Algérie. *Nematol. Medit*, *27*, pp.295-301.

63. **SHARON, E. and SPIEGEL, Y., 1993.** Glycoprotein characterization of the gelatinous matrix in the root-knot nematode Meloidogyne javanica. *Journal of nematology*, *25*(4), p.585.

64. **SIDDIQUI M.A. et ALAM M.M. (1988).** Control of parasitc nematode by Taget

STIRLING, G.R. and WEST, L.M., 1991. Fungal parasites of root-knot nematode eggs from tropical and subtropical regions of Australia. *Australasian Plant Pathology*, *20*(4), pp.149-154.

65. **STOLL G., 2002.** Protection naturelle des végétaux en zone tropical. Acta. Ed. Margafverlag, allemagne, 386 p.

66. **TAYLOR A.L., 1968.** Introduction à la recherche sur les nématodes phytoparasites. Man. F.A.O., pour l'étude des nématodes phytoparasites et les moyens de lutte. Rome, 135 p.

tenuifolia. Rev Nematology, 11(3):12-19.

67. **THODEN, T.C., KORTHALS, G.W. and TERMORSHUIZEN, A.J., 2011.** Organic amendments and their influences on plant-parasitic and free-living nematodes: a promising method for nematode management?. *Nematology*, *13*(2), pp.133-153.

68. **VAN GUNDY S.D., 1985.** Ecology of Meloidogyne spp. emphasis on environmental factors affecting survival and pathogenecity, pp 177-182. In J.N. Sasser and C.C. Carter eds. An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. 1, Biology and control, Raleigh, NCSU Graphics.

69. **VAN SCHÖLL L., 1998-** gérer la fertilité du sol. *agrodok 2.,* 88p.

70. **VEDIE H., 2008-** les engrais verts en maraichage biologique. Fiche GRAB, 8p.

71. **WHITEHEAD AG., 1998.** Sedentary endoparasits of roots and tubers Meloidogyne and Nacobbus in plant nematode control. CAB International. London, pp.1 – 12.

72. **YAKHLEF G. (2010**). Etude de l'activité biologiques de feuilles de Thymus vulgariset Laurus nobilis. Thès. Mag. Univ. Batna. 110p

73. **Zaidat, S.A.E., Mouhouche, F., Babaali, D., Abdessemed, N., De Cara, M. and Hammache, M., 2020.** Nematicidal activity of aqueous and organic

74. **ZAIDAT, S.A.E., MOUHOUCHE, F., BABAALI, D., ABDESSEMED, N., De Cara, M. and HAMMACHE, M., 2020.**Nematicidal activity of aqueous and organic

❖ **Site web**

1- D Blancard (INRA), (2016)***Meloidogyne*** **spp. Principaux symptômes** Disponible sur : <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5275/Tomate-Principaux-symptomes>. (18/06/2021).

2- D Blancard (INRA), (2021) **Symptômes de nématodes à galles sur Cucurbitacées** Disponible sur : <http://ephytia.inra.fr/fr/C/23102/Tropileg-Symptomes-Cucurbitacees>.

3- http://www.llifle.com/Encyclopedia/BULBS/Family/Hyacinthaceae/18245/Urginea_maritima