



République Algérienne Démocratique et populaire
ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique

Université Aboubakr belkaid – Tlemcen

Faculté de science de la nature et la vie et science de la terre et
de la vie.

Département d'Agronomie

MEMOIRE

Presenté par

Slimani Yasser

Dahman Mohammed Amine

En vue de l'obtention du diplôme de master

En agronomie (protection des vegetaux)

Theme

**Importances et distributions des nematodes
phytoparasites agrumes cas wilaya de Tlemcen**

President Bellatrache Amina

Encadrant

Examineur Bendijelloul Charaf Eddine

Année universitaire 2022\2023

Dédicasse

Je dédie cet humble travail comme résultat de mes études :

A mes chers parents ; À mon père, Lakhdar ; Personne

La dévotion ne peut pas exprimer l'amour, l'appréciation, le dévouement et le respect qui...

Je t'ai toujours

À ma mère, Nawara, sans qui je ne serais pas arrivé là où je suis aujourd'hui

À mes chers frères : Hanane et Solaf

Sans oublier la famille et les amis

À tous mes professeurs et collègues en agronomie

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin

A tous les ingénieurs agronomes

Décédasse

Je dédie ce modeste travail, le fruit de mes études :

A mes chers parents ; A mon père Abdelghani ; aucune

**dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que
j'ai toujours en pour vous**

A ma mère Khadra qui sans elle je ne serai pas là ou je suis aujourd'hui

A mes chers frères : Mohammed et Meriem sara

**Sans oublier la famille slimani du coté de mon père et la famille filal
du coté de ma mère**

**A mes amies qui je n'oublier jamais : hicham et oussama, tayssir,
houssem,abderrahim ,omar ,redouane, a tous les amies de coeurs**

A tous mes enseignants et mes collègues en agronomie

A tous qui m'ont apporté l'aide de près ou de loin

A tous les agronomes

Résumé

Les agrumes en Algérie sont exposés aux stressés biotiques (maladies et ravageurs) et abiotiques (facteurs climatiques, système culturale, système d'irrigation ...) qui agissent sur l'état sanitaire des arbres et causent la chute de rendement.

Notre étude est un diagnostic phytosanitaire des deux vergers d'orangers (Thomson Navel) dans la région Maghnia au niveau de la willaya de Tlemcen. Le but de notre travail est de connaître les stressés qui causent des problèmes sanitaires aux agrumes d'après les symptômes observés sur les arbres.

D'après les résultats obtenus nous citons : le retard en récolte des fruits d'oranges qui va causer un retard au période de floraison et une baisse de fructification.

Les cochenilles, la mineuse des agrumes les nematodes des agrumes (*tylenchus semipentrans*) et les pucerons comme insectes ravageurs d'oranger plus que l'escargot qui attaquent les feuilles.

Les autres problèmes qu'on obtenus sont le dépérissement des feuilles à cause de Bactériose des agrumes dû à la bactérie *Pseudomonas syringae* et les taches huileuses (Greasy spot) causé par le champignon *Mycosphaerella citri*. On ajoute aussi le jaunissement des feuilles dû à la carence en fer plus que la chute des petits fruits qui dû au manque d'irrigation. Ces problèmes réagissent sur le système foliaire et vont causer le dépérissement des arbres et la chute de rendement des oranges. Donc il faut suivre une méthode de lutte convenable

Les mots clés : agrumes , oranger ,diagnostic phytosanitaire , Maghnia , Tlemcen.

Abstract

Citrus in Algeria exposed to biotic (diseases and pests) and abiotic (climatic factors, cultivation system, irrigation system...) which affect the health of trees and cause a drop in yield.

Our study is a phytosanitary diagnosis of two orange orchards (Thomson Navel) in the Maghnia region at the level of the Tlemcen wilaya .The aim of our work orange is to know the stresses that cause health problems in citrus based on the trees.

According to the obtained results, we site the delay harvesting the orange fruit that causes a delay in the flowering period and a drop in fruiting.

Scale insect, citrus leaf miner and citrus nematode(*tylenchus semipentrans*)and aphids as insect's pests of orange trees more than snails that attack leaves and fruits. Other problems that achieved are leaf loss from Citrus Bacteriosis caused by the bacterium *Pseudomonas syringe* and greasy spot caused by the *Mycospherealla citri*.

We also add the yellowing of leaves due to lack of irrigation. These problems react on the foliar system and cause the dieback and the drop in orange yield. There for, it is necessary to follow suitable control method.

Key words: citrus orange tree, phytosanitary diagnostic, Maghnia , Tlemcen.

الملخص

تتعرض الحمضيات في الجزائر للضغوط و العوامل الحيوية (الامراض البكتيرية الفطرية و الفيروسية) والافات اللاحوية (العوامل المناخية أنظمة الزراعة وأنظمة الري) التي تؤثر على صحة الأشجار و تؤدي الى انخفاض المردود .

دراستنا عبارة عن تشخيص للصحة النباتية لأشجار البرتقال في منطقة مغنية على مستوى ولاية تلمسان .

من النتائج التي تم الحصول عليها التأخر في تاريخ الازهار الذي كان بسبب التأخر في جني الثمار و السبب نفسه أدى الى نقص في الثمار وجود القرمزيات حفارة الأوراق و حشرات المن و الديدان الخيطية و أيضا الحلزون الذى اتلف أوراق الشجر.

ومن المشاكل الأخرى هي تلف و ذبول أوراق الشجر و الاغصان بسبب البكتيريا و البقع الدهنية على الأوراق الذي تسببه الفطريات و اصفرار الأوراق بسبب نقص عنصر الحديد كما نصف سقوط الأوراق بسبب قلة الري.

هذه المشاكل اثرت بشكل سلبي على أوراق الشجر مما أدت الى نقص الإنتاج لذلك يجب اتباع نظام مكافحة مناسب و فعال

الكلمات المفتاحية : الحمضيات أشجار البرتقال تشخيص الصحة النباتية مغنية تلمسان :

Sommaire

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre 1.....	4
1-définition.....	4
2-origine et histtoire	4
3-systématique	6
3-1-le genre poncirus	6
3-2-le genre fortunegenre	6
3-3-le genre citrus	7
4-morphologie des agrumes	7
4-1-aspect général	7
4-2-système racinaire	7
4-3-partie aérienne	8
4-3-1- tronc et branches	8
4-3-2- feuilles	8
4-3-3-les fleurs	8
4-3-4- fruits et graines	9
5-cycle biologique des agrumes	10
5-1-période d'élevage en pépinière	10
5-2-période improductive	11
5-3- période d'entrée en productive	11
5-4- période de pleine production	11
5-5-période vieillissent et de décrépitude	11

Sommaire

6-cycle de dveloppement	12
➤ La croissance végétative	12
➤ Le développement fleur	12
➤ Le développement du fruit.....	13
7-les agrumes :dans le monde ,en algérie et dans la wilaya de tlemcen ...	13
7-1-dans le monde.....	13
7-2-en algérie.....	14
7-2-1- condition naturelles des agrumes en algérie.....	15
➤ La température.....	15
➤ La pluviosité.....	16
➤ Humidité.....	16
➤ Le vent.....	17
➤ Le sol.....	17
7-2-2- la superficie et la production des agrumes en algérie.....	17
7-3-Dans la wilaya de tlemcen.....	19
7-3-1- les variétés des agrumes dans la wilaya de tlemcen.....	19
7-3-2-production des agrumes dans la wilaya de tlemcen (2010-2019).	21
7-3-3- biotope des agrumes dans la wilaya de tlemcen	22
➤ Exigence climatiques	22
➤ Exigence édaphique.....	23
Chapitre 2	25
1-la nematologie	25
2-Nématodes phytoparasites	26

Sommaire

2-1- lieu de paratisme	27
2-2-1 Les nematodes ectoparasites	27
2-2-2-Des nematodes semiendoparasites.....	27
2-2-3- Des nematodes endoparasites	27
2-3- Impact economique de nematodes phytoparasites	28
3-1-systématique des nématodes à galles.....	29
3-2- Morphologie des nématodes à galles.....	30
3-3- Répartition des espèces du genre meloidogyne spp.....	32
3-4- Mode de reproduction	33
3-5- cycle de vie.....	34
3-6- L'eclosion	35
3-7- Attraction des nematodes et penetration	36
3-8- Modification de l'expression des genes de plantes en réponse a l' infection de nematodes	38
3-9- Les symptoms causées par les nematodes a galles	43
3-10- Gestion de nematodes phytoparasites.....	44
3-10-1- les pratiques culturales.....	45
3-10-2-les methodes physiques	46
3-10-3-la lutte biologique	46
3-10-4- la lutte chimique	47
3-10-5-la lutte génétique.....	49
4-Les objectifs des technique d'étude	50

Sommaire

5-1- Le prélèvement des échantillons	51
5-2- Échantillons d'enquête faunistique	52
5-3-Échantillons d'enquête phytopathologique.....	52
5-4- Échantillons de contrôle.....	53
5-5- Extraction des nématodes d'un échantillon de terre.....	54
5-6- L'éluatriation.....	55
5-7- Le tamisage.....	55
5-8- Le passage actif.....	56
5-9- Extraction des nématodes d'un échantillon végétal	58
6- Les nématodes dans les racines sont sous deux formes	59
7- Identification et numération des nématodes d'un échantillon..	60
8-Root-kont nematodes	62
Nématodes a kyste de la pomme de terre	65
Chapitre 03	67
1-Tylenchulus semipenetrans cobb (Tylenchida,Tylenchulidae). 67	
a.Nom scientifique	68
b. Nom communs internationaux	68
C.code OEPP	68
2-Position systématique	68
3- Description morphologique des Tylenchulus semipenetrans.....	69
4-biologie et écologie de Tylenchulussemipentrans.....	70
4-1- biologie de Tylenchulus semipentrans	70

Sommaire

4-2- Écologie de <i>Tylenchulus semipetrans</i>	72
5- Distribution des nématodes des agrumes	74
6-symptômes due à <i>T.semipetrans</i>	75
7-La lutte contre <i>Tylenchulus semipetrans</i>	77
7-1- Traitement préventif	77
7-2- Traitement curatif.....	77
7-2-1- contrôle chimique	77
7-2-2- contrôle biologique.....	78
Chapitre 4.....	82
1-présentation du laboratoire (SRPV).....	82
1-Création	82
2-Activités principales et annexes	82
3-Implantation (plan a l'echelle).....	83
4-Délimination	83
5-caractères générales.....	84
6-Importance de l'étabissement.....	85
2-Discussion	85
2-1- objectif d'etude.....	85
2-2-choix de site.....	86
2-3- Matriels utilisés	87
2-4- Methode Au terrain	91
2-4-1- Echantillonge	91

Sommaire

2-4-2-Au laboratoire.....	91
3-Resultats et discussion	99
3-1- Interpretation de resultats.....	100
Conclusion	103
Références Bibliographiques.....	106

Sommaire

Listes du tableau	Page
Tableau 01 : les variétés des agrumes dans la wilaya de tlemcene(2010-2019	20
Tableau 02 : situation des agrumes dans la wilaya de tlemcene	21
Tableau 03 : Estimation des pertes de rendements causées par les nématodes à galles (1Bridge et al., 2005 ; 2McDonald & Nicol, 2005 ; 3 Sikora & Fernandez, 2005)	29
Tableau 04: La systématique de nématodes à galles <i>Meloidogyne javanica</i> . D'après Hunt et al	30
Tableau 05: Certains produits de gènes sécrétés des glandes œsophagiennes de deux espèces des nématodes à galles. 1M. incognita; 2M. javanica. D'après Williamson & Gleason(2003)	37

Sommaire

Listes du figures	Page
Figure N°01 : Champ d'agrumes (originale)	5
Figure N° 02 :Fruit d'orange (Thomson Navel) (Original)	9
FigureN°03 :Oranger (Thompson Naville) (original).	10
Figure N°04: principaux pays producteurs d'agrumes. (Golda, 2011)	14
Figure N°05 : production des agrumes en Algérie par rapport aux autres produits fruitiers (Kerboua, 2002).	15
Figure N°06:Evolution de la production des agrumes en Algérie 2004-1979)	19
Figure N°07 : Champ d'agrumes (originale)	22
Figure N°08 : Illustration des différents lieux de parasitisme chez les nématodes phytoparasites dans les racines. A	28
Figure N°09 : Femelles matures de nématodes à galles <i>Meloidogyne javanica</i> sur des racines d' <i>Arabidopsis</i> (A) et de la tomate (B). Le grossissement est X4 (A) et X5 (B), respectivement	31
Figure N°10 : Juvénile de <i>Meloidogyne javanica</i> . (J. Tavoillot, Institut de Recherche pour le Développement, Montpellier, autorisation personnelle)	32
Figure N°11 : Carte de la distribution planétaire de <i>M. javanica</i> . Points noirs : présents, non détaillé ; Points bleus : très répandus ;	33
Figure N°12 : Cycle de vie de nématodes à galles et leur voie de pénétration dans les racines. A. Une femelle mature dans les racines d' <i>Arabidopsis thaliana</i> (flèche rouge). B. Représentation schématique de la voie de pénétration de nématodes à galles <i>Meloidogyne</i> spp. dans la racine.	34

Sommaire

Figure N°13 : Masses d'œufs de <i>M. javanica</i> sur les racines de tomates. A. plusieurs masses d'œufs sont attachées à une seule galle; B. une seule masse d'œufs est attachée à une seule galle.	35
Figure N°14: Symptômes causées par les nématodes à galles <i>Meloidogyne javanica</i> . A. Sur les parties aériennes de tomates. B. Sur les racines de tomate, plus de 4 mois après l'infection	44
Figure N°15 : methode d'extraction des nematodes présents dans le sol	57
Figure N°16 : methode d'extraction des nematodes dans les tissus vegetaux	58
Figure N°17 : meloidogyne sp Nématodes à kyste du trèfle <i>Heterodera trifoli</i>	63
FigureFig18 : hoterodera trifolli	64
Figure N°19 : globodera rostochiensis	65
Figure N°20 : nematodes des racines des agrumes (<i>tylenchilus semipentrans</i>	67
Figure N°21: Cycle de vie simplifié de <i>tylenchus semipentrans</i>	71
Figure N°22: qualité de l'enracinement des plants de 'Maltaise douce ' greffés sur bigaradiers indemnes et infestés par le nematode de citrus (Kallel et Bachir 2005)	76
Figure N°23 : les feuilles très petites que le normal	76
figure24 :la houe Bassin original	87
figure 25 : l'appareil de fenwik	88
figure 26 : Entonnoir en fer	89
figure 27 :papiers filtres	89
figure 28: tamis	89
figure 29 :boite de pétri	89
figure 30 : Des gants	89
figure 31 : aiguille	90

Sommaire

Figure N°32 : Conditionnement des échantillons (Chachou et Boukarabila, 2023)	91
Figure N°33 : Les étapes d'extraction des nématodes à Kystes (INPV, 2023)	95
Figure N° 34: Séchage des échantillons prélevés	96
Figure N°35 : utilisation de l'appareil de FENWIK dans laboratoire (Original, 2023)	97
Figure N°36 : Récupération des kystes sur papier filtre (Original, 2023)	98
Figure N°37 : Loupe binoculaire	98
Figure N°38 : Kyste de nématode sur la racine	99

Introduction

Introduction

Les nématodes sont de minuscules vers ronds et non segmentés qui peuvent vivre dans presque tous les types d'environnements, y compris le sol. Certaines espèces de nématodes peuvent causer des problèmes dans l'agriculture, notamment dans les plantations d'agrumes.

Les agrumes, tels que les oranges, les citrons, les mandarines et les pamplemousses, sont des cultures précieuses dans de nombreuses régions du monde en raison de leur valeur économique et de leur popularité sur les marchés.

Cependant, les nématodes des agrumes peuvent causer des ravages dans ces plantations et entraîner des pertes de rendement importantes. Les nématodes des agrumes appartiennent généralement à deux groupes : les nématodes à kystes et les nématodes à lésions. Les nématodes à kystes, tels que le nématode à kystes des agrumes (*Tylenchulus semipenetrans*), infectent les racines des agrumes et forment des kystes autour d'eux. Ces kystes contiennent des œufs qui peuvent survivre pendant de longues périodes dans le sol.

Les nématodes à lésions, tels que le nématode à lésions des agrumes (*Pratylenchus* spp.), pénètrent dans les racines des agrumes et se nourrissent des tissus végétaux, provoquant des lésions et une détérioration générale de la santé de la plante.

Chapitre 1

1-définition:

Selon **IMBERT (2005)**, le mot « agrumes » vient du latin « acrimen : aigre », nom donné par les Italiens désignant un groupe d'espèces appartenant au genre Plantes « agrumes » issues des Rutacées : ce sont les orangers, les citronniers, mandarine...

La plupart sont d'origine asiatique. Dans leur aire de répartition d'origine, les agrumes poussent Toujours en montagne, le climat est chaud (20-25°C), très L'humidité est, surtout, constante et il n'y a pas de variation saisonnière. Les agrumes sont des arbres fruitiers épineux au port arrondi et aux feuilles Persistentes, comprenant différentes espèces, cultivées pour leurs fruits, leur Parfum ou pour la décoration (**BACHE, 2004**).

2-Origine et histoire :

Les agrumes sont originaires d'Asie tropicale et subtropicale. ils sont confus Parallèlement à l'histoire de l'ancienne civilisation de la Chine, ils ont d'abord été cultivés En raison de leur goût, puis de leur fruit (**BICHE, 2012**). civilisations chinoises et indiennes, leurs cultures ont commencé à se répandre (**LOUSSERT, 1987**) Le fruit amer pousse spontanément dans Montagnes du nord-est de l'Inde et du sud de la Chine, orangers doux Également trouvé et ne sera qu'une forme du précédent. citron, pamplemousse, Le tilleul vient du sud de l'Himalaya et le pamplemousse est abondant à certains endroits Îles de l'archipel de la Sonde. Les agrumes sont originaires de Chine, Indochine. Clémentine est un croisement entre la mandarine et l'orange Bitter, qui

apparaît dans les cultures d'agrumes à l'orphelinat Clément Frères Misserghin (Algérie), ou le botaniste L. Trabut l'a découvert en 1902. cinq siècles Avant J-C., les chinois connaissaient le fruit des agrumes (MOREL,1969). Largement distribué le long de la côte est de l'Afrique depuis le 10ème siècle (LOUSSERT, 1989).

Leur présence dans le bassin méditerranéen est très ancienne, remontant à Communication entre l'Est et l'Ouest (AUBERT et VULLIN, 1997).



Figure N°01 : Champ d'agrumes (originale)

Les grandes découvertes du bassin méditerranéen et des agrumes
Distribué dans le monde entier (**LOUSSERT, 1987b**).

3-Systématique :

Statut taxonomique des agrumes selon **Praloran (1971)**, selon
SWINGLE Est:

- **Règne** : Végétale
- **Classe** : Eudicotes
- **Ordre** : Geraniales
- **Sous /ordre** : Geraniales
- **Famille** : Rutaceae
- **Sous /Famille** : Aurantoideae
- **Tribu** : Citreae
- **Sous tribu** : Citrinae
- **Genre** : Fortunella, Poncirus, Citrus

3-1- Le genre Poncirus :

arbuste épineux, trifolié à feuilles caduques Une seule espèce a été
améliorée : poncirus trifoliata. Cette espèce est Principalement utilisé
dans la culture des agrumes comme porte-greffe ; son fruit n'est pas Non
comestible (**LOUSSERT, 1989**).

3-2- Le genre Fortunella :

Les fruits produits par les espèces de Fortunella sont connus par le
nom commercial : kumquats (**LOUSSERT, 1989**) , comprend six

espèces dont deux seulement font l'objet de quelques cultures ; il s'agit du *Fortunella margarita* et *Fortunella japonica* (**LOUSSERT, 1989**)

3-3- Le genre Citrus :

Avec 145 espèces, c'est le genre le plus important. Ici Les genres rencontrés par les principales espèces cultivées sont : Les orangers (*Citrus sinensis*), les mandariniers (*C.reticulata*), les clémentiniers (*C.climontia*), les citronniers (*C.limon*), les pomelos(*C.paradisi*), les cédratiers (*C.medica*),le bigardier (*C.aurantium*) (**Loussert, 1989**).

4-Morphologie des agrumes :

4-1-Aspect général :

Les agrumes sont de petits arbres ou arbustes qui attendent 4 à 12 m haut , il possède un feuillage dense et persistant (**MIREILLE, 2002**).

après son semi la plante possède une période juvénile longue pour émettre ses premières fleurs et produire des fruits (**Nicolas, 2013**).

4-2- Système racinaire :

l'enracinement des agrumes est généralement rotation (**CHIKH, 1987**). pour les racines Ses deux fonctions principales sont l'ancrage des arbres et l'alimentation (**Gauthier, 1987**).

Les agrumes ont un système racinaire faible par rapport à ceux des arbres Le fruit est comme l'olivier (**ITAF, 1995**).

4-3-Partie aérienne :

C'est l'action des bourgeons qui détermine la forme générale de l'agrumes. les arbres ont des troncs Cylindrique à port buissonnant plus ou moins sphérique ou conique (ITAF,1995).

4-3-1-tronc et branches :

Les agrumes ont généralement une seule tronc grossièrement cylindrique (BLONDEL, 1973).

Le tronc est vert lorsqu'il est jeune et gris-vert l'arbre arrive à maturité. C'est au niveau du tronc que se compose la ligne de greffe (Loussert, 1987).

Les agrumes ont une frondaison dense, grâce auquel ils se ramifient facilement et naturellement **Bénédicte et Bahès (2012)**.

4-3-2-Feuilles :

Les feuilles sont unifoliées (agrumes, kumquat) ou trifoliées (agrumes) et ses hybrides) (MIREILLE, 2002). Elles sont alternes, pétiolées, persistantes, Dents faibles ou dentelées (MOREL, 1969). La couleur passe du vert clair au Chez les jeunes feuilles, il vire au vert foncé les feuilles adultes (AUBERT, 2004).

4-3-3-Les fleurs :

La fleur se compose généralement de 5 sépales et 5 pétales. Il a 20 à 40 étamines fusionnées à la base et un disque de nectar

(MIREILLE, 2002). les fleurs sont bisexuées ou Hermaphrodites ; la fécondation est généralement hybride (GAMIER, 2004).

4-3-4-Fruits et graines :

Les fruits d'agrumes varient en forme, oblongs à sphériques, de couleur jaune Il a tendance à être vert clair à orange foncé brillant à maturité. également de taille variable, Par espèces et variétés. Le fruit est constitué des parties contenant les graines . Ces parties sont entourées d'une couche jaune ou orange lors de la maturation (Parloran, 1971). Graines Ils diffèrent en nombre, peu ou beaucoup, selon le cultivar et les conditions et conditions de pollinisation La forme générale de la graine est une caractéristique importante pour l'identification d'espèces et de cultivars (CHIKH, 1987).



Figure N° 02 :Fruit d'orange (Thomson Navel) (Original).

5- Cycle biologique des agrumes :

La vie d'un agrume verger commence par la plantation de scions de pépinières. Théoriquement, elle se compose de cinq phases qui correspondent à des périodes d'intérêt diversement longues et courtes pour l'arboriculteur (ITAF, 1995).

5-1- Période d'élevage en pépinière :

Cette période, qui dure entre 12 et 36 mois, se déroule dans une pépinière (Loussert, 1989). Cela commence par des semis de graines pour produire des porte-greffes, puis le greffage de la variété sur le porte-greffe et se termine par l'élevage du jeune plant (CASSIN, 1983).



FigureN°03 :Oranger (Thompson Naville) (original).

5-2- Période improductive :

Le système racinaire commence à "prendre possession" de la région, et la fièvre va s'intensifier en conséquence. Cette période est improductive en termes de production de fruits, pratiquement zéro (ITAF, 1995). Les jeunes arbres productifs nécessitant des soins attentifs Fumier, irrigation et taille de forme, traitement phytosanitaire, etc. en durée allant de 2 à 3 ans (CASSIN, 1983).

5-3-Période d'entrée en productive :

La nouaison prend progressivement de l'importance selon les espèces et les cultivars (ITAF, 1995) .Sur une période moyenne de 5 à

7 ans, l'arbre fleurit, portant un nombre croissant de fruits. (CASSIN,1983).

5-4-Période de pleine production :

C'est la période la plus excitante pour l'agriculteur. La croissance végétative de l'arbre se stabilise, avec le démarrage des processus de floraison, de fructification et de renouvellement de la ramification. Ses feuilles et ses racines. La durée de cette phase n'est que d'une vingtaine d'années (CASSIN, 1983).

5-5- Période vieillissement et de décrépitude :

Le rendement des arbres plantés depuis 30 à 40 ans va progressivement diminuer. Le renouvellement des plantes fructueuses ralentit et la production de frondes diminue (Cassin,1983).

6-Cycle de développement :

Les espèces d'agrumes à feuilles caduques ont un cycle annuel caractérisé par les phases suivantes :

➤ La croissance végétative :

après une période de croissance ralentie, les jeunes ramifications commencent à se développer vers la fin février. Ils sont facilement reconnaissables à la teinte vert clair de leurs feuilles au printemps (ITAF, 1995).

En été, les événements d'activité végétative diminuent contrairement au printemps (Chahbar, 2004). En juillet et août, la deuxième

croissance végétative se produit, plus faible que la précédente, selon l'activité, les températures, Conditions d'approvisionnement (surtout en eau) (ITAF, 1995).

A partir d'octobre à la fin Novembre, la troisième pousse d'automne est en place, qui assure en particulier le renouvellement des feuilles (SAYAH, 2000).

➤ Le développement fleur :

Stades de développement des fleurs chez les agrumes Semblable à d'autres variétés de fruits. Floraison, pollinisation et La fécondation est l'étape de développement de la fleur (ROBETEZ, 2003). Les inflorescences se produisent généralement, apparaissant en grappes isolées ou en grappes dans le bois de la même année (CHAHBAR, 2004).

➤ Le développement du fruit :

Les agrumes passent par trois étapes de base qui suivent pendant la croissance, à savoir les fruits, l'engraissement et Maturité (GAUTIER 1987).

La première phase du groupe fruitier commence par le développement du fruit après Fertilisation, les fruits restreints suivent leur croissance intensivement Pendant plusieurs semaines jusqu'en juin. Pendant les mois d'été, les fruits Continue de croître en taille pour atteindre sa taille en octobre Enfin. La maturité se manifeste en changeant de couleur La croûte de fruits et la qualité de son temps (LOUSSERT,1985).

7-Les agrumes : dans le monde, en Algérie et dans la wilaya de Tlemcen

7-1- Dans le monde :

Les principales régions d'où provient la production d'agrumes sont les zones méditerranéennes et tropicales. En conséquence, ils sont désormais présents dans toutes les régions du monde où leur

fabrication est possible. Les pays producteurs fortifient une frontière physique entre les 40e parallèles Nord et Sud (GOLDA, 2011).

Pays producteurs des agrumes.

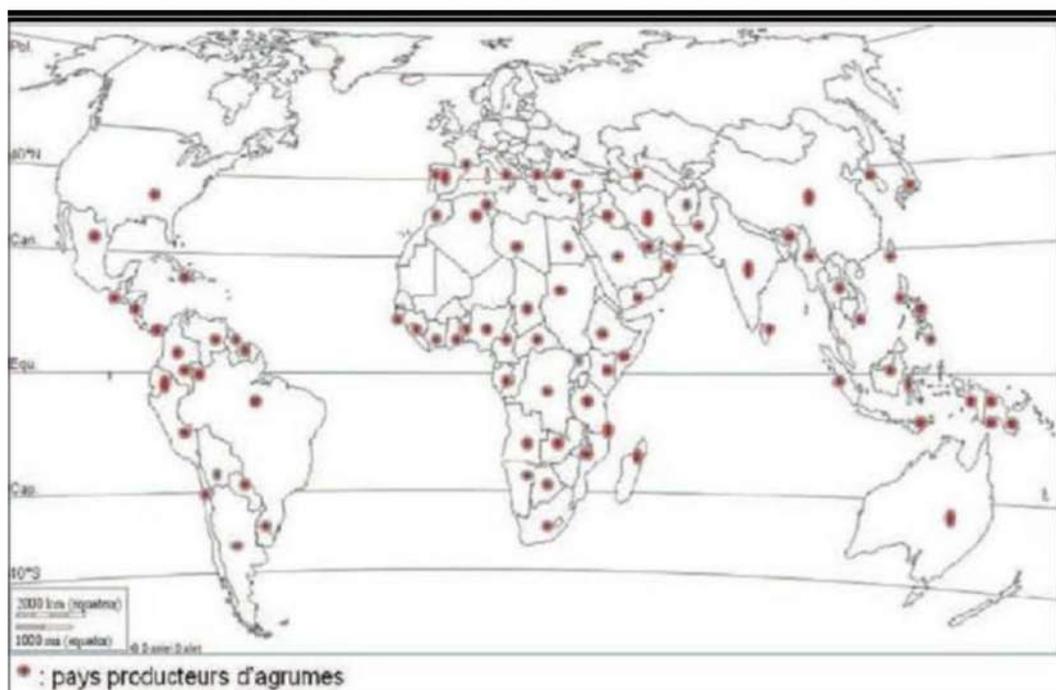


Figure N°04: principaux pays producteurs d'agrumes. (Golda, 2011)

7-2- En Algérie :

L'olivier, la vigne et les agrumes sont représentatifs des principales cultures périurbaines. Ce dernier représente 27% du rendement global en fruits (Kerboua, 2002).

La culture d'agrumes met un accent stratégique sur le fait d'être une source fiable de fruits frais et d'autres produits Agricoles pour le marché du pays (**Biche, 2012**).

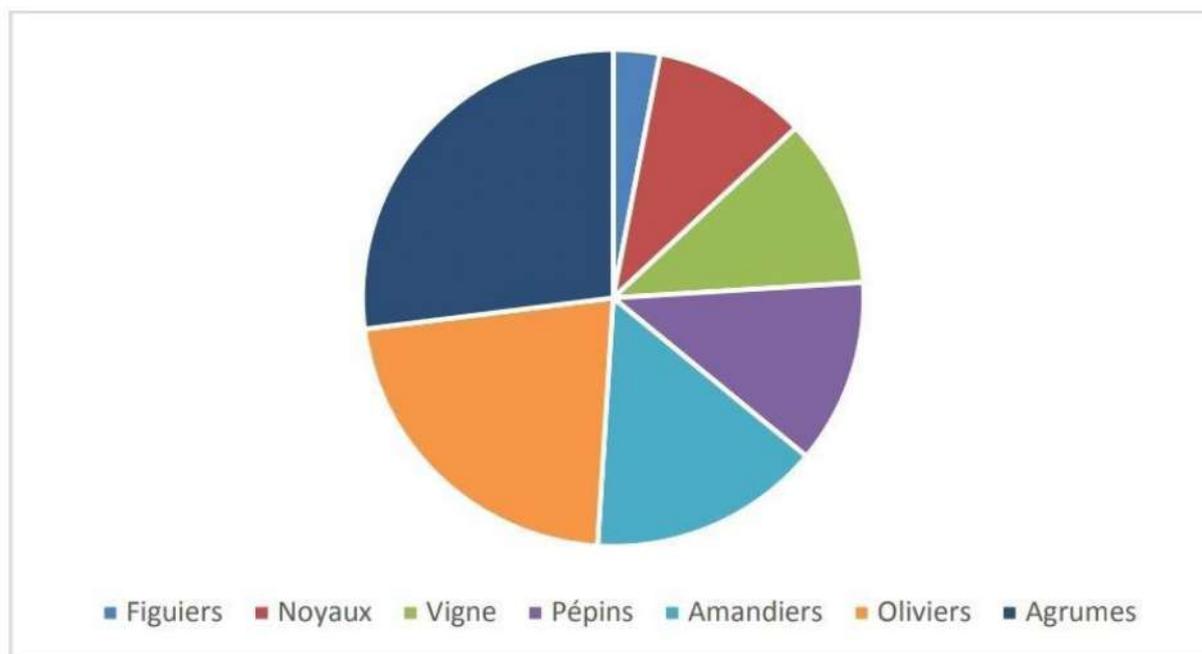


Figure N°05 : production des agrumes en Algérie par rapport aux autres produits fruitiers (**Kerboua, 2002**).

7-2-1- Conditions naturelles des agrumes en Algérie :

Il existe en Algérie un certain nombre de conditions physiques favorables à une culture agricole (**Motin, 1969**).

➤ La température :

Le climat méditerranéen est propice à l'agriculture. Là, la température joue un rôle crucial. La température moyenne annuelle devrait être de l'ordre de 14°, avec une augmentation à 22° en été et une température minimale de 10° en hiver. Les agrumes, en particulier, sont assez sensibles aux températures froides ; le choix des zones de culture

semble être influencé par des températures aussi basses que -4° . De plus, il existe des différences d'adaptation entre les espèces. Les Clémentiniers et les Mandarins exigent les températures les plus douces sans amplitude significative, mais les oranges peuvent tolérer des écarts de température plus importants (**Mutin, 1969**).

➤ **La pluviosité :**

Selon **Mutin (1969)**, par rapport à la température, les précipitations jouent un rôle plus secondaire. Les accotements nécessitent une quantité d'eau importante : 1200 mm de pluie doivent tomber chaque année, dont la moitié pendant les mois d'été. Cependant, les lacunes de L'irrigation peut être utilisée pour faire face aux précipitations annuelles de l'Algérie (350 mm en Oranie et 800 mm dans les plaines orientales) ainsi qu'à l'absence quasi totale de précipitations estivales. Selon les régions, les nappes phréatiques ou les eaux des barrages fournissent annuellement de 4 à 8000 m³ d'eau par hectare.

Par contre, les vergers peuvent connaître un excès d'eau. La forte humidité atmosphérique provoquée par les pluies violentes de l'hiver est souvent nocive pour les arbres car elle favorise le développement de maladies et peut provoquer une asphyxie respiratoire. De plus, trop d'humidité rend difficile la conservation des fruits.

➤ **Humidité :**

L'humidité ne semble pas avoir d'impact significatif sur le comportement des agrumes eux-mêmes. Par contre, elle a des effets sensibles sur la croissance de plusieurs parasites : pourritures,

phytophthora, Les cochenilles (LOUSSERT, 1985 ; CHAHBAR, 2004).

➤ Le Vent :

Par ses fonctions mécaniques et physiologiques, le vent a un impact néfaste sur la croissance des agrumicoles. Il augmente les besoins en eau en augmentant considérablement la vitesse à laquelle l'environnement s'évapore. Le fait est que les chutes à fruits sont crucial dans les éoliennes non protégées (AUBERT, 2004).

➤ Le sol :

Les agrumes ont besoin de sols profonds et ont un système racinaire important. En faisant un choix judicieux parmi la large sélection de porte-greffes disponibles, il est possible d'intégrer les agrumes dans des sols extrêmement divers en termes de Le pH, la texture et l'équilibre chimique Le développement des agrumes se produit sur une variété de types de sols, y compris les sols sableux et foncés, fortement argileux. En général, il est préférable de s'éloigner des sols lourds ou limoneux parce que les agrumes deviennent plus petits avec une peau rugueuse et des fruits moins juteux et plus sucrés dans ces types de sols (WALALI et al. 2003).

7-2-2- La superficie et la production des agrumes en Algérie :

Depuis le début des années 1980, la surface de l'agromicole a continué de diminuer. Cependant, à partir de 1992, on peut observer une légère augmentation de la superficie (plantée ou en production). La nouvelle approche du ministère de l'Agriculture en matière de rénovation

Verger agrumicole a été corrélé avec une augmentation de la superficie ainsi que des niveaux plus élevés de production et de revenus. La croissance observée entre 1989 et 1993 a permis une production de 283,734 tonnes en 1993 (**Baci, 1995**).

À la suite de la restructuration du secteur agricole en 1987, la production d'agrumicole a continué de progresser pour atteindre 453 tonnes en 1999 (**Kerboua, 2002**).

La superficie couverte par les cultures paysannes actuelles au cours de l'année académique 2006-2007 était de 920,670 ha; à l'heure actuelle, les agrumes couvrent 63,296 hectares. La seule culture est l'orange, qui occupe 46.310 ha, dont 11.700 ha sont à Washington Navel et 19.300 ha sont à Thomson Navel, respectivement. 20%, 12.300 ha pour Double Fine, soit 23%, 6.440 ha pour Valencia Late, soit 11%, et 8.780 ha, soit 15%, pour les autres variétés. La quantité totale d'agrumes produite en 2007 était de 689.467 tonnes métriques, y compris 539.000 tonnes métriques d'oranges, 100.000 tonnes métriques de clémentines plus mandarine, et 50.000 tonnes métriques chacun de citron et de pomelo (**Biche, 2012**).

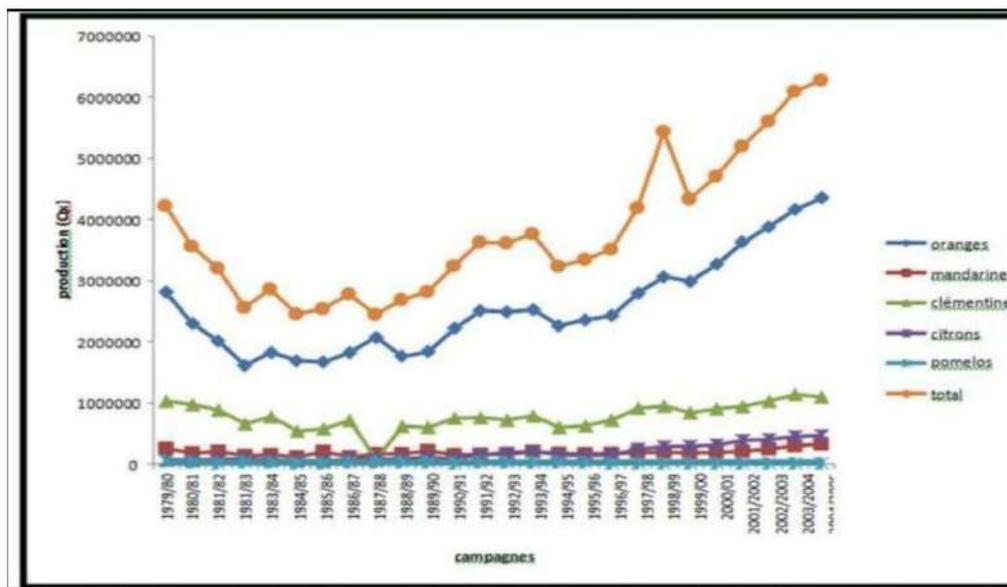


Figure N°06: Evolution de la production des agrumes en Algérie (1979-2004)

7-3- Dans la wilaya de Tlemcen :

7-3-1- Les variétés des agrumes dans la wilaya de Tlemcen :

Selon le D.S.A. de la Wilaya de Tlemcen 2020, les variétés des agrume cultivés en

Les principales cultures de la wilaya de Tlemcen sont les oranges, en particulier la variété Thomson Navel, ainsi que la commune de Wachington Navel, Sanguine, Cadenera, Orange douce, Pourtugaise, Double Fine, Valencia-Late et de petits fruits comme la clémentine, la mandarine et le citron. Ces variétés se composent de 716 040 arbres, couvrant une superficie de 2997 hectares.

variétés		Superficie totale (ha)	Nombre d'arbre totaux	Prévision de production (q)
oranges	Thomson navel	1211	278530	350000
	Washington navel	600	150000	180200
	sanguine	22	5500	3080
	cadenera	9	2340	2520
	Orange commune	220	55000	61600
	Orange douce	4	960	800
	pourtugaise	70	18200	10500
	Double fine	140	36400	39200
	Valencia late	170	47600	30600
Petits fruits	clémentine	350	77000	63000
	mandarine	29	6670	4060
citron	citron	172	37840	39000
totale		2997	716040	784560

Tableau 01 : les variétés des agrumes dans la wilaya de tlemcene .

7-3-2- Production des agrumes dans la wilaya de Tlemcen (2010-2019) :

Entre 2010 et 2019 (DSA, 2019), la région et la production d'agrumes dans la wilaya de Tlemcen ont connu un développement fluctuant qui a été caractérisé par la croissance.

campagne	Superficie totale (ha)	Superficie en rapport (ha)	Production d'agrumes (ox)	Production d'agrumes (qx\ha)
2010-2011	2388,5	1895,74	182100	96,05
2011-2012	2463,45	1995,74	180158	90,27
2012-2013	2464	1996	244700	123
2013-2014	2464	2125	326240	154
2014-2015	2470	2125	364080	171
2015-2016	2568	2125	370400	174
2016-2017	2676	2298	399852	174
2017-2018	2884	2515	719290	289
2018-2019	2947	2600	757240	291

Tableau 02 : situation des agrumes dans la wilaya de tlemcene (2010-2019) .



Figure N°07 : Champ d'agrumes (originale).

7-3-3- Biotope des agrumes dans la wilaya de Tlemcen

➤ Exigences climatiques :

Selon **Khemies (2013)**, tous ces facteurs climatiques restreignent sévèrement les vergers agrumicoles dans la wilaya de Tlemcen. Ils sont situés dans des zones basses à moins de 600 mètres d'altitude. Seule l'existence de microclimats peut expliquer présence de vergers au-dessus de cette altitude. Par conséquent, les plaines littorales et sublittorales constituent le terrain de vote pour les vergers agrume. Les zones les plus productives sont situées dans la vallée de Tafna et les plaines de Maghnia (Maghnia représente 21,67%)

de la production agricole potentielle de la wilaya, Remchi (20,91%), Hennaya (20,35%) et Chetouane (10,03%).

Enfin, le vent est un ennemi imparable aux vergers. Là, les jeunes arbres sont très sensibles. Les vergers cherchent alors des cachettes derrière les chaînes de montagnes, comme dans le cas des petites plaines de Ghazaouet. brise-vents cycloniques,

Le paysage agricole des régions agricoles est caractérisé par des arbres casuarina ou tamaris.

➤ Exigences édaphiques :

Selon **Khemies (2013)**, les sols de faible altitude dans toutes ces zones offrent un large éventail de possibilités. En particulier, les terrains bien entretenus avec une bonne perméabilité aident à la production d'oranges.

En général, le pourcentage d'argile ne devrait pas être supérieur à 20%. Occasionnellement, les champs alluviaux comprendront un pourcentage plus élevé d'argile sans affecter les cultures d'agrumes. La salinité des sols est un autre facteur limitant la croissance des vertices. Une teneur en sel supérieure à 0,50 % ne peut pas être supportée par les arbres. Elle passe souvent à côté. Ces dernières années, la menace est devenue beaucoup plus pressante. Parce que l'irrigation n'a pas toujours été faite de manière très rationnelle, la salinité du sol augmente dangereusement.

Chapitre II

Nématodes phytoparasites

1- La Nematologie :

Les nematodes phytoparasites attaquent presque tous les cultures qui representent l'approvisionnement alimentaire du monde (**Sasser & Carter, 1985**) et sont responsables des pertes de rendement de la production alimentaire mondiale a hauteur de 14%, soit l'équivalent d'une perte économique de plus de 100 milliards de dollars par an (**Belair, 2005**).

Les nematodes a galles appartiennent au genre *Meloidogyne*. Ce genre comprend plus de 90 especes qui sont responsables d'environ 5% des pertes globale de rendement de la production alimentaire. Les quatre especes principales du genre *Meloidogyne*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne incognita* et *Meloidogyne hapla* sont les parasites les plus repandus dans le monde (**Eisenback & Triantaphyllou, 1991**). Les juveniles du genre *Meloidogyne* infectant les racines, se nourrissent des photosynthesae et provoquent la formation de galles. Ils perturbent le systeme vasculaire de plante dans lequel circulent l'eau, les elements nutritifs et les photosynthesae, et ils entraînent des infections secondaires par d'autres parasites et agents phytopathogenes.

Le stade infectieux de nematodes a galles, les juveniles, existent dans le sol ou vivent dans les racines des plantes ce qui rend tres difficile le traitement par des pesticides. De plus, les nematicides efficaces sont generalement tres toxiques et leur utilisation presente un risque eleve pour la sante humaine et l'environnement (**Gustafson, 1993 ;**

Chitwood, 2003). Par conséquent, de nombreux nématicides sont déjà interdits dans l'UE, les États-Unis et dans d'autres pays développés.

Pour ces raisons, le développement des méthodes alternatives à la lutte chimique contre les nématodes phytoparasites est devenu nécessaire et urgent. Ces alternatives doivent être basées d'abord sur le respect de la santé de l'homme et de l'environnement, mais elles doivent aussi être efficaces et durables. Une solution raisonnable pour répondre à ces besoins est l'exploitation de la résistance naturelle chez des espèces sauvages des plantes.

Les travaux décrits dans cette thèse de doctorat visent à explorer la possibilité d'exploiter la variation génétique naturelle de la plante modèle, *Arabidopsis thaliana*, pour trouver des nouveaux gènes de résistance contre le nématode à galles, *M. javanica*.

2-Nématodes phytoparasites:

Les nématodes phytoparasites sont des animaux vermiformes, les plus souvent microscopiques. Ils ont une morphologie externe similaire, avec un corps en forme d'aiguille et non segmenté, de taille variant de 0,25 à plus de 1 millimètre. Les nématodes phytoparasites possèdent une structure spécialisée appelée stylet. Le stylet est utilisé (i) pour injecter des enzymes dans les cellules et les tissus végétaux des plantes, (ii) et pour en extraire le contenu, d'une façon similaire à celle chez les pucerons (**Coyne et al., 2010**). Les juvéniles percent la paroi des cellules par des mouvements répétés du stylet, injectant des sécrétions

oesophagiennes, puis, apres quelques secondes de repos, aspirent le contenu predigere des cellules grace a leur bulbe median. Les larves peuvent s'alimenter ainsi des cellules epidermiques, des cellules corticales, ou/et des celles du cylindre central de racine mais aussi partie aerielle (Linford, 1937 ; 1942 ; revue par Guiran & Netscher, 1970).

2-1-Lieu de paratisme :

Le lieu de parasitisme permet de classer les nematodes phytoparasites en trois categories principales:

2-2-1- les nematodes ectoparasites:

sont des nematodes qui s'alimentent a la surface des tissus racinaires des plantes. Cette categorie de nematodes se trouve parmi les genres *Tylenchus*, *Helicotylenchus*, *Dolichodorus*, *Xiphinema* et *Longidorus* (Figure 08 : 1 - 3, 8 et 9, respectivement).

2-2-2- Des nematodes semiendoparasites :

chez ces nematodes, seule la partie anterieure du nematode penetre dans les racines, la partie posterieure restant dans le sol ; par exemple, les genres *Rotylenchulus* et *Tylenchulus* (Figure N°08 : 4 - 7).

2-2-3 - Des nematodes endoparasites :

ce groupe peut etre divise en deux sous-groupes: les endoparasites sedentaires et les endoparasites migrants. Les endoparasites sedentaires migrent dans le tissu racinaire de plante, etablissent un site

nourricier, cessent d'être mobiles et s'y alimentent. Ce groupe comporte les nématodes à kyste (ex. *Globodera* spp. ; **Figure N°08** : 12) et les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp. ; **Figure N°08**: 13). Les endoparasites migrants sont des nématodes mobiles qui s'alimentent à l'intérieur des tissus racinaires des plantes, par exemple les nématodes des genres *Pratylenchus* et *Radopholus*, et aussi des tissus des tiges tel le genre *Ditylenchus* (**Figure 08** : 14) (**Perry & Moens, 2006**).

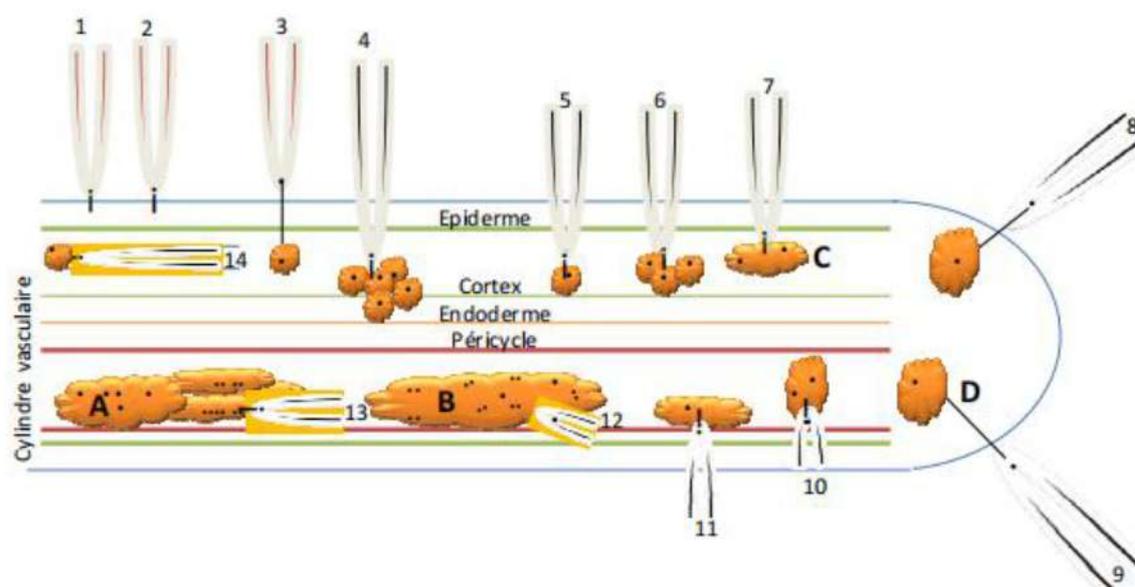


Figure N°08 : Illustration des différents lieux de parasitisme chez les nématodes phytoparasites dans les racines. A,

2-3-Impact économique de nématodes phytoparasites:

Les effets économiques négatifs causés par les phytoparasites nématodes sont estimés à plus de 100 milliards de dollars annuellement (**Bélaïr, 2005**). *Meloidogyne* spp. les nématodes biliaires sont responsables d'environ 5% des pertes de revenus globales provoquées par la destruction et l'agression biologique de tous les phytopathogènes

(Sasser & Carter, 1985). Les pertes varient selon les espèces de plantes et de nématodes ainsi qu'entre les régions géographiques prises en compte. Conformément à ces paramètres, le tableau 3 estime les pertes causées aux cultures par les nématodes.

Tableau 03 : Estimation des pertes de rendements causées par les nématodes à galles (1Bridge et al., 2005 ; 2McDonald & Nicol, 2005 ; 3 Sikora & Fernandez, 2005).

Espèce de nématode	Plante hôte	Région	Perte estimée
<i>M. incognita</i> ¹	Colocase	Inde	21%
<i>M. incognita</i> ¹	Rizière	Altitudes	60%
<i>M. naasi</i> ²	Céréales	Californie-USA	75%
<i>M. artiellia</i> ²	Blé	Italie	90%
<i>Meloidogyne spp.</i> ³	Aubergine	Tropicale	17-20%
	Melon	Tropicale	18-33%
	Tomate	Tropicale	24-38%
	Pomme de terre	Tropicale	> 25%
	Patate douce	Tropicale et méditerranéenne	> 25%

3-1-Systématique des nématodes à galles

Les animaux qui composent la branche des nématodes à galles du phylum Nematoda La catégorisation complète de l'espèce *Meloidogyne javanica* est présentée ci-dessous dans le tableau. (Treub, 1885; Chitwood, 1949) Tableau 1.

Tableau 04: La systématique de nématodes à galles *Meloidogyne javanica*. D'après Hunt et al., (2005) ;

<http://nematode.unl.edu/mjav.htm>

Phylum	Nematoda (Cobb, 1919)
Classe	Secernentea (Von Linstow, 1905)
Sous-classe	Diplogasteria (Inglis, 1983)
Ordre	Tylenchida (Thorne, 1949)
Sous-ordre	Tylenchina (Thorne, 1949; Chitwood, 1950)
Super-famille	Hoplolaimidae (Filipjev, 1934)
Famille	Meloidogynidae (Scarbilovich, 1959)
Genre	<i>Meloidogyne</i> (Göldi, 1892)
Espèce	<i>M. javanica</i> (Treub, 1885; Chitwood, 1949)

3-2- Morphologie des nématodes à Galles:

Les nématodes des calculs biliaires sexuellement dimorphes existent chez les deux sexes. Les femelles intégrées ont un petit côlon et sont de forme globuleuse (Figure N°09). Leur diamètre varie de 0,3 à 0,07 mm. La vulve est sub-terminale et se situe près de l'anus. La cuticule est blanchie, hachée et recuite. Le style est court et moyennement élancé.



Figure N°09 : Femelles matures de nématodes à galle *Meloidogyne javanica* sur des racines d'*Arabidopsis* (A) et de la tomate (B). Le grossissement est X4 (A) et X5 (B), respectivement.

Après la quatrième mue, les mâles sont pelotonnés à l'intérieur des enveloppes cuticulaires des stades précédents. Ils leur enlèvent leur stylet et quittent la racine pour pouvoir se déplacer librement dans le sol. Ils sont vermiformes et mesurent de 1 à 2 mm. Bien qu'ils aient un style, il est probable que ce ne soit pas très utile. non fonctionnel et que les mâles dépendent des réserves trouvées dans la partie A-B-5 de leurs intestins pour leur survie (Guiran & Netscher, 1970). La file d'attente est courte et hémisphérique, les spicules sont forts et la bourse n'est pas présente (Hunt et al., 2005). Les juvéniles J2 (après la deuxième mue) sont petits, ressemblent à des vers et mesurent environ 0,45 mm de long (Figure N°10).

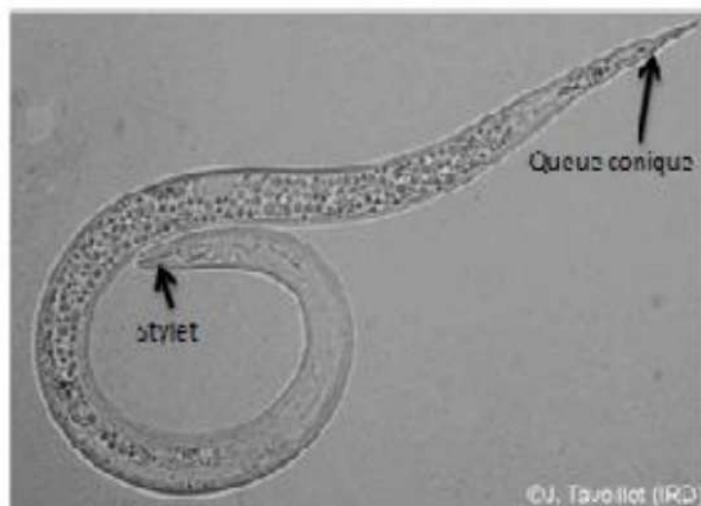
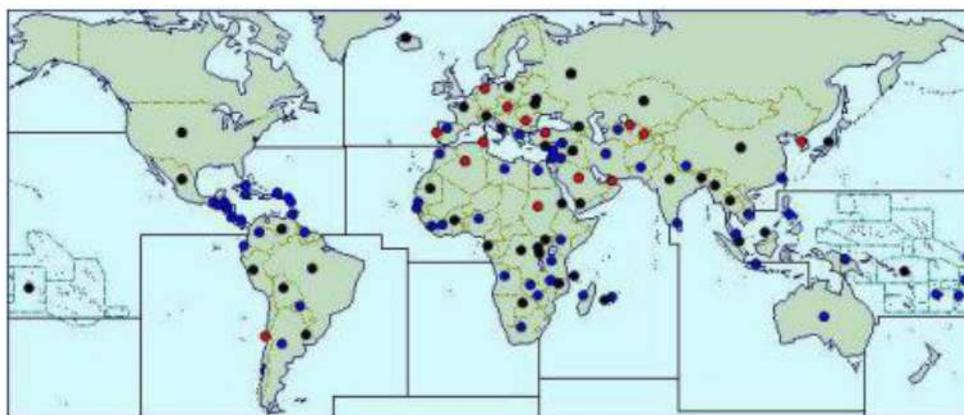


Figure N°10 : Juvénile de *Meloidogyne javanica*. (J. Tavoillot, Institut de Recherche pour le Développement, Montpellier, autorisation personnelle)

3-3- Répartition des espèces du genre *Meloidogyne* spp:

Même si plus de 90 espèces du genre *Meloidogyne* ont été identifiées à ce jour, seules quatre d'entre elles ont une importance économique particulière pour l'approvisionnement alimentaire mondial. L'orateur est *M.*; une grande variété d'hôtes est partagée par *incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* et *M. hapla* (Sikora & Fernandez, 2005). Sur plus de 1000 populations de nématodes biliaires 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 l'espèce *M. arenaria*, 7% à l'espèce *M. hapla*, et 2 % à *M. exigua* ou à d'autres espèces peu représentées. Les régions tropicales abritent fréquemment *M. incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria* (Figure N°11). *M. arenaria* a également une présence sporadique.



**Figure N°11 : Carte de la distribution planétaire de *M. javanica*.
Points noirs : présents, non détaillé ; Points bleus : très répandus ;
Points rouges : présents localement.**

www.cabi.org/isc/?compid=5&dsid=33246&loadmodule=datasheet&page=481&site=144

3-4-Mode de reproduction:

L'amphimixie, la sexualité facultative, l'automixie et l'apomixie sont quelques-unes des différentes stratégies de reproduction utilisées par les nématodes galles. Certaines espèces du genre *Meloidogyne*, telles que *M. carolinensis*, *M. megatyla* et *M. microtyla*, se reproduisent en utilisant une amphimixie. Triantaphyllou (1985); Chitwood et Perry (2010). Cependant, *M. incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria* ne peuvent être reproduits que par parthénogenèse mythique (apomixie) (Triantaphyllou, 1966 ; Perry & Moens, 2011). Il existe différents types de truies dans l'espèce *M. hapla*; par exemple, la truie A peut se reproduire soit par amphimixie, soit par parthénogenèse méiotique (automixie), alors que la truie B doit subir une amphimixie (Triantaphyllou, 1966 ; Sasser & Carter, 1985 ; Perry & Moens, 2011).

3-5-Cycle de vie:

Les espèces du genre *Meloidogyne* spp. sont des endoparasites dentaires. Les larves J1 se développent à l'intérieur des œufs. Les juvéniles du deuxième stade (J2) éclosent, se dirigent vers le perchoir et le transpercent soit par le pic, soit par des zones de pénétration antérieures, soit par de petites ouvertures. Racines : lésions (**Dirk & Romulo, 1998**). Les juvéniles envahissent le cylindre central, installant des sites d'alimentation permanents dans la région de différenciation racinaire en provoquant des divisions nucléaires (caryocinèse) dans les cellules cylindriques qui servent de cellules hôtes à l'organe. Les cellules multinucléées produites par ce processus sont appelées cellules géantes. Chaque nématode juvénile peut provoquer le développement de 5 à 7 énormes cellules, chacune pouvant contenir plus d'une cellule.

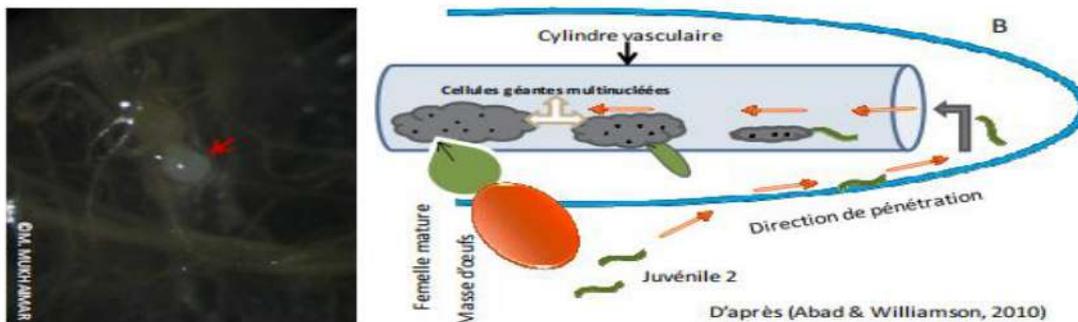


Figure N°12 : Cycle de vie de nématodes à galles et leur voie de pénétration dans les racines. A. Une femelle mature dans les racines d'*Arabidopsis thaliana* (flèche rouge). B. Représentation schématique de la voie de pénétration de nématodes à galles *Meloidogyne* spp. dans la racine.



Figure N°13 : Masses d'œufs de *M. javanica* sur les racines de tomates. A. plusieurs masses d'œufs sont attachées à une seule galle; B. une seule masse d'œufs est attachée à une seule galle.

3-6-L'eclosion:

Lorsque la température est favorable, les œufs des espèces *Meloidogyne* éclatent, et pour la majorité d'entre eux, cela se produit sans qu'il soit nécessaire de stimuler les produits chimiques libérés par les racines. Mais dans le cas de *M. hapla*, *M. triticoryzae* et *M. chitwoodi*, l'éclosion dépend aussi des diffusants. (Gaur et al., 2000 ; Perry & Wesemael, 2008) Racinaires. Trois étapes peuvent être distinguées dans le processus d'éclosion des nématodes : (i) une modification de la perméabilité de la coquille de l'œuf ; (ii) une stimulation métabolique du juvénile ; et (iii) l'éclosion réelle. La chronologie des première et deuxième phases varie selon le genre ; cependant, il semble que chez les espèces de *Meloidogyne*, l'activation juvénile a lieu en premier et entraîne des changements au niveau des coquilles d'œufs (Perry, 2002).

3-7-Attraction des nematodes et penetration:

Il est clair que les nématodes utilisent leurs organes sensoriels chimiques, connus sous le nom d'amphides, pour localiser les racines en utilisant au moins l'un des gradients énumérés ci-dessous. Il existe plusieurs gradients de composés volatils et non volatils autour des racines en plein développement (Weischer, 1959 ; Prot, 1975) ; d'acides aminés; d'ions minéraux (Dropkin et al., 1958 ; Ibrahim & Hollis, 1967 ; Evans, 1969) ; de pH (Jairjapuri & Azmi, 1978); de la température (Wallace, 1961 ; El-sherif & Mai, 1969 ; Rode, 1969 ; 1970) ; et CO₂ (Johnson & Viglierchio, 1961; Edmunds & Mai, 1967; Croll & Viglierchio, 1969; Klingler, 1972). Il est difficile de savoir précisément quel(s) facteur(s) est/sont responsables de l'attraction des rats car les informations sont généralement basées sur des expériences comportementales in vitro, qui reposent fréquemment sur l'utilisation de plaques d'agar. **(Spence et al. 2009 ; revue par Perry & Moens, 2011).**

Les parois cellulaires racinaires se dégradent sous l'effet des enzymes qui sont sécrétées par les glandes subventrales des nématodes. Ces enzymes passent par le stylet pour faciliter la migration du nématode en affaiblissant ou en brisant les parois cellulaires. Parmi les enzymes identifiées, on trouve la cellulase (β -1,4-endoglucanase ; EC : 3.2.1.4 ; Smant *et al.*, 1998 ; Yan *et al.*, 1998 ; Rosso *et al.*, 1999 ; Goellner *et al.*, 2000), la pectate lyase (EC 4.2.2.2 ; Popeijus *et al.*, 2000), la xylanase (EC 3.2.1.8 ; Mitreva- Dautova *et al.*, 2006), et la

polygalacturonase (EC 3.2.1.15 ; Jaubert *et al.*, 2002) (revue par Davis *et al.* 2000; Gheysen & Jones 2006 ; **Tableau 05**). Une autre enzyme identifiée dans les sécrétes œsophagiens est le chorismate mutase (EC 5.4.99.5), impliquée dans la voie de synthèse du shikimate (Lambert *et al.*, 1999 ; Doyle & Lambert, 2003 ; Vanholme *et al.*, 2009). Des agents phytopathogènes comme des bactéries et des champignons produisent également des enzymes similaires. Ces enzymes n'étant pas produites chez les nématodes non parasitaires ou chez des autres invertébrés, il est probable que les nématodes phytoparasites ont acquis ces fonctions par un transfert horizontal de gènes d'origine bactérienne ou fongique (Yan *et al.*, 1998 ; Popeijus *et al.*, 2000 ; Veronico *et al.*, 2001 ; Jaubert *et al.*, 2002 ; Bird *et al.*, 2003; Abad *et al.*, 2008 ; revue par Perry &

produit de gène	Fonction possible	Organismes avec des homologues étroits
¹ beta-1,4-endoglucanase (cellulase)	Dégradation de la paroi cellulaire.	Bactérie
² Pectate lyase	Dégradation de la paroi cellulaire.	Bactérie et champignons
¹ Polygalacturonase	Dégradation de la paroi cellulaire.	Bactérie
² Chorismate mutase	Changer l'équilibre de l'auxine. Formation des cellules alimentaires.	Bactérie

Tableau 05: Certains produits de gènes sécrétés des glandes œsophagiennes de deux espèces des nématodes à galles. 1M. incognita; 2M. javanica. D'après Williamson & Gleason (2003).

Après pénétration, les juvéniles se déplacent de manière intercellulaire dans le parenchyme cortical en direction de l'apex racinaire, qui est le site d'invasion préféré des nématodes gallicoles. Leur stylet leur permet de se déplacer entre les cellules en séparant les cellules en raison des divisions enzymatiques et autres cellules. utilisant

très probablement une force mécanique également (Huang, 1985; Sijmons et al., 1991). Après avoir atteint le racinaire apical méridien, les juvéniles effectuent un demi-tour et sortent par la zone méridienne centrale après avoir contourné l'endoderme (Figure N°12).

Même si le trajet migratoire des juvéniles vers le bord de la rivière est bien établi, les facteurs qui influencent l'orientation des juvéniles sont actuellement inconnus. Certains auteurs ont suggéré que ces facteurs pourraient être d'origine électrique, chimique ou thermique (Stewart et al., 1993; Perry & Maul 2004).

3-8-Modification de l'expression des genes de plantes en réponse a l'infection de nematodes :

Une plante qui a été infectée par des phytoparasites nématodes présente des modifications dans l'expression de ses gènes. Certaines preuves suggèrent que les nématodes soutiennent activement les réactions défensives de l'hôte, probablement en injectant un ou plusieurs produits chimiques (bien que le mécanisme soit inconnu). (Qin et al., 1994 ; Sijmons et al., 1994 ; Puthoff et al., 2003 ; revu par Gheysen & Fenoll, 2002 ; Smant & Jones, 2011) par le stylet des nématodes. De plus, l'établissement de sites d'alimentation des nématodes et la croissance d'énormes cellules, causées par des nématodes à galles ou des syncytiums, causées par des nématodes à kyste, entraînent des modifications de la paroi cellulaire de l'hôte, comme en témoigne une augmentation de l'expression des gènes de l'endoglucanase et polygalacturonase après infection par les nématodes.

Un nombre incalculable d'études se sont concentrées sur les changements dans l'expression des gènes. Le nombre de gènes détectés varie considérablement entre ces plusieurs études, en fonction de l'interaction étudiée, des paramètres expérimentaux et des méthodes utilisées pour identifier les gènes exprimés différemment. Quelles sont alors les techniques de la fusion du promoteur avec un gène rapporteur ou d'hybridations *in situ* (Goddijn et al., 1993 ; Niebel et al., 1996 ; Barthels et al., 1997 ; Favery et al., 1998 ; Goverse et al., 1998 ; Puzio et al., 2000 ; Goellner et al., 2001 ; Escobar et al., 2003 ;

Parmi les 22089 genes detectes a l'aide de puce d'Arabidopsis CATMA, Jammes *et al.* (2005) ont identifie 3373 genes qui affichent une difference significative d'expression entre des galls, provoque par *M. incognita*, en differentes stages de developpement et des tissues non-meristematiques des racines non infectes. Les nombres de genes d'Arabidopsis surexprimes (1606) ou reprimes (1742) dans les galls etaient similaires; en plus, 25 genes etaient d'abord regules dans un sens et apres dans l'autre. Parfois, l'expression des genes etait surexprimes jusqu'a 15 fois, incluant les genes codant pour pectate lyase (At4g24780), β - expansin EXPB3 (At4g28250) et pyruvate decarboxylase-1 (At4g33070). Cependant, le reprime la plus forte etait observee pour des genes codant pour une proteine inconnue exprimee (At3g21520) et deux genes lies a la defense des plantes qui sont codes pour la patatine (At2g26560) et la proteine germin like (At4g14630).

en utilisant la microdissection au laser, Barcala et al. (2010) ont réussi à séparer les cellules géantes des tissus voisines, permettant l'analyse de changements de l'expression de gènes des cellules géantes induits par des nématodes, et la comparaison transcriptomique entre les cellules géantes et les galles. 3 jours post infection par *M. javanica*, 1161 gènes étaient exprimés différemment pendant les phases initiales de la formation des cellules géantes. La majorité de ces gènes, 851, était régulée vers le bas, y compris une grande partie des gènes impliqués dans les réactions de défense des plantes et le métabolisme secondaire. De même, un grand nombre de gènes impliqués dans le métabolisme primaire, la synthèse d'ARN et des protéines était régulé vers le bas. Par contre, des gènes impliqués dans la biosynthèse d'ARN, la maintenance et le remodelage de la structure de chromatine et codants pour des composants du cytosquelette étaient surexprimés.

L'analyse des changements de l'expression de gènes montrait une image différente pour les galles. Le nombre de gènes régulés différemment était moins important ; seule 547 gènes étaient influencés, et la plupart des gènes, 354, était régulée vers le haut (Barcala et al., 2010). Seule 100 gènes ont été identifiés d'être régulés en commun entre cellules géantes et galles, dont 54 réprimés et 66 surexprimés. D'un côté, la différence des résultats entre cellules géantes et galles pourrait être expliquée par un effet de dilution, parce que les cellules géantes ne représentent qu'une petite partie de la galle. De l'autre côté, ces résultats reflètent au moins partiellement des véritables

différences de régulation des gènes entre les cellules géantes et les cellules voisines, montrant la complexité des processus pendant l'interaction entre nématodes et plante. Ci-dessus, trois exemples illustrent la complexité de ces processus. Favery et al. (1998), ont réussi à isoler un gène chez *Arabidopsis* (RPE) essentiel pour les étapes précoces de la formation des sites nourriciers induits par les nématodes à galles *M. incognita*. Ce gène code pour une protéine similaire à la D-ribulose-5-phosphate-3-épipérase (EC 5.1.3.1), une enzyme clé dans l'étape réductrice du cycle de Calvin et dans la voie des pentoses phosphates (le segment oxydatif irréversible). En plus, ils ont montré l'accumulation des transcrits de ce gène, RPE, dans les sites nourriciers induits par *M. incognita*. Ce gène est exprimé aussi dans les sites d'initiation des racines latérales chez *Arabidopsis* suggérant que le contrôle génétique des premières phases de la formation des méristèmes et des cellules géantes partage des étapes communes (Favery et al., 1998; Mazarei et al, 2003).

Dans le but d'identifier des gènes impliqués dans la formation des cellules géantes en réponse à l'infection par *M. incognita*, Caillaud et al. (2008) ont utilisé une analyse fonctionnelle de promoteurs

génomiques de lignées d'*Arabidopsis* mutées par un ADN-T associé au gène rapporteur GUS. Ils ont ainsi réussi à mettre en évidence le rôle crucial joué par le gène *AtMAP65-3* lors de l'infection. Ce gène qui code pour une protéine associée aux microtubules de la famille MAP65, est exprimé aux stades précoces de la formation du site nourricier induit

par le nematode. En l'absence d'une AtMAP65-3 fonctionnelle, les cellules nourricieres se developpent, mais ne parviennent pas a se differencier totalement et sont finalement detruites, ce qui aboutit a un developpement incomplet du nematode a galles et a sa mort. La regulation negative du gene AtMAP65-3 diminue la sensibilite de la plante *Arabidopsis* transgenique aux nematodes a galles. Alors, AtMAP65-3 est un gene de sensibilite de l'hote, jouant un role critique dans l'interaction plante-nematode par son implication dans l'ontogenese des cellules geantes (Caillaud et al., 2008). Dans les cellules nourricieres des galles et les syncytiums on trouve des cycles supplementaires de replication avec synthese massive de l'ADN dans les galles et les syncytiums (Rubinstein & Owens, 1964; Rohde & McClure, 1975; de Almeida Engler et al., 1999). L'endocycle est une variante du cycle cellulaire chez les eucaryotes, compose uniquement de phases de replication (S) et de phases Gap (probablement un part de G1, et G2) aboutissant a la formation des cellules multinucleees, sans division cellulaire (De Veylder et al., 2011). Dans les cellules nourricieres induites par *Meloidogyne incognita* et dans les syncytiums induits par *Heterodera schachtii*, trois des genes de cycle cellulaire, CCS52A1, CCS52B et DEL1, sont impliquees dans le controle de l'endocycle (Cebolla et al., 1999 ; Vlieghe et al., 2005). CCS52A et CCS52B sont des proteines cles du cycle cellulaire qui se comportent comme des proteines adaptateurs importantes pour l'activation de la promotion de l'anaphase complexe et sont impliquees dans la conversion de cycles

mitotiques en endocycles (de Almeida Engler et al., 2012). Cependant, DEL1 est un inhibiteur qui supprime la transcription de gènes nécessaires pour entrer dans l'endocycle (Vliegheet al., 2005; Lammens et al., 2008 ; de Almeida Engler et al., 2012). La perturbation de la modification induite par les nématodes de ces trois gènes impactait fortement le développement et la morphologie des cellules géantes et des syncytiums, au détriment des nématodes (de Almeida Engler et al., 2012).

3-9-Les symptômes causés par les nématodes a galles:

Les signes suivants sont observés sur les parties aériennes des plantes attaquées : (i) flétrissement ; (ii) le nanisme ; (iii) réduction de la taille des feuilles ; et (iv) jaunissement des feuilles. Le développement de galles sur les racines est le symptôme le plus visible (Figure N°14). D'une manière générale, l'infection par des bactéries peut amener les nématodes à provoquer une baisse des rendements ou une déformation des tubercules, des fruits et des bulbes (De Waele & David, 1998).



Figure N°14: Symptômes causés par les nématodes à galles *Meloidogyne javanica*. A. Sur les parties aériennes de tomates. B. Sur les racines de tomate, plus de 4 mois après l'infection.

3-10-Gestion de nematodes phytoparasites :

Il y a plusieurs méthodes pour lutter contre les nématodes phytoparasites. Selon la nature de la méthode employé, elles peuvent être regroupés en cinq catégories principales :

1. les pratiques culturales ;
2. les méthodes physiques;
3. la lutte biologique ;
4. la lutte chimique ;
5. la lutte génétique.

3-10-1-les pratiques culturales :

L'une des méthodes les plus anciennes et les plus importantes pour contrôler les ravageurs est la rotation culturelle. En général, deux à trois ans de rotation avec des cultures résistantes ou non-hôtes permettent un excellent contrôle des nématodes de la vésicule biliaire pour les maintenir sous le seuil de dégâts. 1982 (Johnson). Cependant, il est crucial d'éliminer toutes les plantes nuisibles ou autres espèces qui peuvent servir de réceptacle pour les nématodes affligés. Par exemple, la rotation avec du lait peut réduire les populations de *Meloidogyne hapla* (Johnson, 1982; Raymundo, 1985), et la rotation de cultivars résistants de tomate et d'oignon peut être efficace contre les populations de *M. javanica*, mais seulement dans une mesure limitée en raison de la polyphagie nématodes à galles (Kanwar & Bhatti, 1993).

Un moyen efficace de réduire le nombre de nématodes est de cultiver des champs stériles dépourvus de toute plante envahissante, de les travailler et de les exposer au soleil. Pendant les périodes sèches, l'irrigation peut également contribuer à réduire les populations de vers parasites, à condition de parvenir à un contrôle efficace des mauvaises herbes (Overman, 1964 ; Rhoades, 1982 ; Johnson & Fassuliotis, 1984). L'intégration à grande échelle de matières végétales décomposées dans le sol peut réduire les populations de nématodes gallogènes. Ces matériaux en décomposition organique stimulent les populations de bactéries, de champignons et d'autres micro-organismes du sol qui sont antagonistes des nématodes (Badra et al., 1979 ; Muller

et Gooch, 1982 ; Rhoades et Forbes, 1986 ; Rodriguez-Kabana et Morgan-Jones , 1987).

3-10-2-Les methodes physiques :

Le processus de solarisation est un processus hydrothermal qui consiste à couvrir le sol chaud et gorgé d'eau pendant environ un mois et demi avec du plastique transparent pour élever la température du sol, qui peut atteindre 50 à 55 °C à des profondeurs de 5 à 20 cm. . Cette procédure nettoie le sol des nématodes et de divers autres phytopathogènes (**Guét, 1999**). Cependant, cette solarisation altère la microflore, ce qui peut avoir des effets néfastes. La vaporisation est une autre méthode thermique pour nettoyer le sol. Il s'agit d'ajouter de la vapeur d'eau au sol sous des bâches en plastique pour élever la température à un point labile pour les organismes dangereux vivant dans le sol (**Braga et al., 2001**).

3-10-3-La lutte biologique :

La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites fait appel à des organismes vivants antagonistes des nématodes, comme des champignons ou des bactéries (**Stirling, 1991 ; Davies & Spiegel, 2011**). L'utilisation de nombreuses variétés de champignons dans la lutte contre les nématodes phytoparasites a été documentée. Selon Cayrol (1981), les champignons prédateurs comprennent *Arthrobotrys irregularis*, un hyphomycète capable de consommer rapidement les jeunes nématodes formant des galles. Les champignons ovicides comme *Paecilomyces lilacinus* (**Jatala et al., 1979; Cayrol et al., 1992;**

Kiewnick & Sikora, 2006) ou *Verticillium chlamydosporium*, qui attaquent les embryons chez les nématodes (**Godoy et al., 1983a; Kerry et al., 1984 ; Rodriguez-Kabana et al., 1984 ; Kerry & Deleu, 1991 ; de Leijet al., 1993**). Les oomycètes *Catenaria* font partie des « nématophages à adhérences de spores » (revu par Cayrol et al., 1992).

De plus, il existe des bactéries antagonistes des nématodes, telles que *Pasteuria* spp. Selon Brown et al. (1985), Sayre & Starr (1985), Stirling (1985), Sturhan (1988), Bird & Brisbane (1989), *Pasteuria* spp. sont des agents pathogènes de nombreux types de nématodes phytoparasites.

De nombreuses plantes ont des propriétés nématologiques, telles que celles trouvées dans les tagètes, la ricine, le perdrix, le pois, les asperges et le sésame. Les plantes les plus étudiées pour leurs propriétés nématiques sont les tagètes (McSorley, 1999 ; Ploeg, 1999 ; 2002). Ces plantes sont cultivables selon différentes méthodes de sauvegarde des cultures intercalaires ou tournantes sensibles aux nématodes phytoparasites. Ces plantes peuvent également être utilisées comme engrais vert qui sera enfoui avant culture sensible. De plus, les extraits végétaux de ces plantes peuvent être appliqués au sol ou utilisés pour traiter les plantules (**revu par Duval, 1993**).

3-10-4-La lutte chimique:

Plusieurs nématocides chimiques sont utilisés pour lutter contre les nématodes phytoparasites, notamment les fumigants (1,3-dichloropropène, chloropicrine, dazomet, dibromure d'éthylène, métham-sodium, bromure de méthyle et isothiocyanate de méthyle) et

les non-fumigants comme les organophosphorés (Ebufos, Ethoprophos, Fenamiphos, Fensulfotion, Isazofos, Terbufos et Thionazine) ainsi que les carbamates (Aldicarb, Aldoxycarb, Carbofuran, Cleocarb, Oxamyl) sont interdits par la Food and Drug Administration ([http://www.fao.org/docrep/V9978E/v9978e08 .htm](http://www.fao.org/docrep/V9978E/v9978e08.htm)). De manière générale, les fumigants, notamment le néotham-sodium et le 1,3-dichloropropène, sont plus efficaces que les non-fumigants pour prévenir la croissance des phytoparasites (**Hague & Gowen, 1987; Noling & Becker, 1994**), mais ils sont aussi plus nocifs à l'environnement (**Hutchinson et al., 1999**). Il est difficile de délivrer un produit chimique directement dans la rhizosphère des plantes car la majorité des phytoparasites nématodes passent toute leur vie dans le sol ou dans les racines des plantes. La surface externe du nématode est une surface biochimiquement complexe.

L'efficacité de plusieurs produits naturels en tant que substituts potentiels aux pesticides chimiques a été testée, y compris, par exemple, la chitine et les extraits d'agave. La libération d'azote ammoniacal dans le sol causée par la dégradation de la chitine contribue probablement à la diminution du nombre de contacts directs avec les nématodes (Mian et al., 1982) ou en déclenchant une activité bactérienne ou fongique lysogène dans le sol (Godoy et al. ., 1983b ; Rodriguez-Kabana et al., 1987). De nombreuses études ont démontré l'influence de la chitine sur le déclin des populations de *Meloidogyne incognita*, *Heterodera trifolii*, *Tylenchus* spp., et *Pratylenchus* spp. (Sarathchandra et al., 1996), ainsi

que *Heterodera trifolii*. De plus, certains extraits d'alun ont la capacité de réduire le nombre d'agents pathogènes.

3-10-5-La lutte génétique:

Enfin, la culture de plantes résistantes est l'une des stratégies les plus cruciales pour lutter contre les nématodes phytoparasites. L'origine de la résistance aux nématodes phytoparasites est souvent évidente dans les plantes sauvages, et la résistance a été incorporée dans diverses plantes cultivées. La résistance peut être soutenue par un seul gène majeur ou par de nombreux gènes quantitatifs ou plus. Les chapitres suivants se concentrent sur la cartographie des gènes de résistance et des QTL chez les plantes cultivées.

Actuellement, un défi majeur pour l'agriculture de l'avenir est de trouver des outils efficaces pour lutter contre les nématodes phytoparasites, en particulier en vue d'un certain nombre de changements majeurs récents tels que : (i) l'interdiction totale du bromure de méthyle, le fumigant le plus efficace (Watson et al., 1992 ; US Environmental Protection Agency, 1993 ; Noling & Becker, 1994) ; (ii) le manque de nématicides non-fumigènes efficaces (Mojtahedi et al., 1991 ; Stirling et al., 1992) ; (iii) le développement des souches virulentes des nématodes vis-à-vis du gène commune de résistance (Riggs & Winstead, 1959 ; Roberts, 1982; Cook & Evans, 1987 ; Omwega et al., 1990 ; Mullin et al., 1991 ; Roberts, 1992 ; Young, 1992 ; Opperman et al., 1994) ; (iv) le raccourcissement de la rotation des cultures pour des raisons de commercialisation (McKenry, 1987 ;

Barker, 1991; Rodriguez-Kabana, 1992) ; (v) l'expansion de la culture protégée à la fois sous serre/tunnels et dans des systèmes de culture hydroponiques ; (vi) la

détection des nouvelles espèces économiquement importantes des nématodes à galles telles que *Meloidogyne chitwoodi*, *M. mayaguensis* et *M. floridensis* (Rammah & Hirschmann, 1988 ; Handoo et al., 2004) ; (vii) l'expansion de l'aire de répartition des espèces importantes de ces phytoparasites (Bridge, 1987; Sikora, 1988 ; revue par Sikora et al.,2005). Donc, la recherche des nouveaux gènes ou QTL de résistances devient de plus en plus importante.

4-Les objectifs des technique d'étude:

On peut espérer percevoir et résoudre un problème nématologique en se rendant uniquement sur le terrain .en effet ,l'absence de symptômes spécifique et la faible taille des nématodes rendent nécessaire le prélèvement d'échantillons sur le terrain et leur analyse ultérieure au laboratoire.

Pour les identifier et les dénombrer ,les nématodes doivent être extraite du sol et du matériel vegetal qu'ils parasitent .

Il importe aussi de vérifier que les nematodes parasites activement la plante sur laquelle il a été trouvé ;c'est le roles des élevages ,il faut par ailleurs déterminer l'effet pathogène du nématode vis a vis de la plante qu'il parasite ; c'est le role des études de pathogénie .

5-1-Le prélèvement des échantillons :

un échantillon est constitué par une certaine quantité de terre , de l'ordre de 1 litre prélevée a proximité d'une plante et d'une certaine quantité du matériel végétale prélevé sur la même plante .cet échantillon des son prélèvement est recueilli dans un sac en matière plastique puis fermé hermitiquement par un bracelet en caoutchouc de façon a éviter le dessèchement .lorsque la partie végétale de l'échantillon est constitué par des racines , elle peut être placé dans le même sac que la terre : le tri sera fait au moment de l'analyse .par contre des fragments de tige ,des feuilles ,des graines doivent être recueillis dans sac a part chaque échantillon recoit un numéro matérialisé par un ticket tiré d'un carnet a souche ou sont consignées toutes les indications utiles concernant le prélèvement :lieu , date , plante , état de la culture , nature du sol ,humidité ...

Le prélèvement des échantillons a été effectué dans des vergers d'agrumes aléatoirement choisis. Au niveau de chaque verger prospecté , cinq arbres ont été choisis aléatoirement et les prélèvements des échantillons sont opérés. Autour de chaque arbre , six échantillons de sol ont été prélevés à l'aide d'une tarière ,a 50 cm du tronc et entre 0-40 cm de profondeur. Ces prélèvements du sol des différents horizons ont été soigneusement mélangés et homogénéisés pour former un échantillon pour chaque arbre puis ramenés pour traitement au laboratoire. Les nématodes ont été extraits de chaque échantillon selon la technique de Baermann (1917). Également, les

femelles semipenetrans ont été extraites à partir des racines soigneusement lavées et hachées puis un sous-échantillon de 10 g est placé dans un récipient mélangeur contenant une solution de NaOCl à 0,05 %. Les racines ont été macérées à la vitesse maximale pendant deux intervalles successifs de 15 secondes (McSorley et al., 1984). La suspension de nématodes a été ensuite tamisée à travers un tamis de 74 µm pour éliminer les débris racinaires. Le nombre des nématodes a été compté et exprimé par gramme de tissu racinaire frais.

On peut considérer qu'il existe trois sortes d'échantillons :

5-2-Echantillons d'enquête faunistique :

on cherche dans ce cas dans une région limitée , à déterminer quels sont les nématodes associés à une culture donnée par exemple le maïs .on peut prêter alors que peu d'attention à la symptomologie , l'essentiel est de prélever un nombre important d'échantillons répartis sur toute la surface prospectée .on se ménage ainsi la possibilité de dresser une carte de la répartition des nématodes phytoparasites associés à la culture considérée .une bonne pratique consiste à suivre une route avec un véhicule et à s'arrêter tous les 3 ou 5 ou 10 kms pour réaliser un prélèvement .

5-3-Echantillons d'enquête phytopathologique :

à l'origine , l'attention de l'enquêteur est attirée par des zones de mauvaises végétations dans un champ qui devrait en principe constituer un substrat uniforme .l'existence de ces taches de végétation implique

un processus pathologique dont l'agent causal doit être recherché par des analyses .a l'échelle d'un institut de recherche agronomique ce genre de problème est abordé en général par l'intervention d'une équipe pluridisciplinaire comprenant des pédologues , des phytopathologistes , des entomologistes , des nématologistes ...etc dans ce cas le nématologiste prélève des échantillons a l'extérieur des taches , a la limites des taches et a l'intérieur des taches .après analyse une éventuelle corrélation entre la présence des symptômes de déficience et a la présence de nématodes phytoparasites en plus ou moins grand nombre peut suggérer l'implication ou l'exclusion des nématodes du processus pathologique observé .contrairement au cas précédent , l'ensemble des échantillons sera peut être collecté sur surface réduite .

5-4-Echantillons de controle :

on peut être amené , soit dans un but pratique soit dans un but expérimental a l'injecter des substances chimiques a effet nématicide dans le sol .il est nécessaire de contrôler l'efficacité de ces produits en comparant les nombres de nématodes contenus dans des échantillons provenant de zones non traitées et des échantillons provenant des zones traitées .

Il convient enfin de choisir au mieux l'époque du prélèvement . en particulier il faut éviter en général de prélever sur la terre nue , ne portant pas de culture , au cours de l'intercompagne . en effet dans ce cas certains nématodes migrent en profondeur et peuvent même se réfugier sur des racines de plantes pérennes qui se développent dans le

sous sol . dans d'autres cas l'intercompagne peut être caractérisée par un dessèchement accentué du sol auquel certains nématodes opposent un état de quiescence , anhydrobiose qui complique l'analyse des échantillons .pour ces raisons , il est préférable de prélever au cours de la saison des cultures et de préférence a un stade avancé du cycle , de façon a recueillir un maximum d'animaux .en effet le temps de génération des nématodes phytoparasites étant de l'ordre d'un mois et le cycle d'une culture étant de l'ordre de 3 a 4 mois , la population sera maximale vers 2 ou 3 mois .

5-5-Extraction des nématodes d'un échantillon de terre :

Au laboratoire , l'observation directe de la terre de l'échantillon même a l'aide d'une loupe binoculaire , ne permet pas d'observer les nématodes .il est nécessaire au préalable d'extraire les nématodes de la terre pour pouvoir ensuite les observer in vitro .pour cela , les nématologistes ont mis au point un certain nombre de techniques basées essentiellement sur trois propriétés qui différencient les nématodes des impuretés qui les entourent .il s'agit de la vitesse de sédimentation dans l'eau , de la forme et de l'activité spontanée . l'élutriation qui est utilisée dans tous les laboratoires de nématodes met en oeuvre ces trois propriétés.

La méthode complète , qui comprend trois opérations : l'élutriation proprement dite , le tamisage et le passage actif est schématisée par la figure 10

5-6_L'élutriation :

la terre de l'échantillon est tamisée sur un tamis à maille de 4 mm de façon à mettre de côté les cailloux, les débris végétaux et les racines. Cette terre tamisée est alors homogénéisée puis on prélève un sous-échantillon de 250 ml. Le reste de l'échantillon est conservé en vue d'éventuelles analyses ultérieures dans le sac en plastique hermétiquement fermé. La terre est introduite dans un erlen avec de l'eau. Ce récipient est alors renversé sur l'ultérieur. Celui-ci est constitué par une colonne de verre remplie d'eau à la base de laquelle est admis un courant d'eau. Le trop-plein ainsi provoqué s'écoule dans un seau par un ajustage latéral. La terre qui contient du sable, de l'argile, des débris organiques et des nématodes s'écoule alors au sein de la colonne d'eau. Le courant d'eau ascendant qui circule dans la colonne a été calculé de façon à ce qu'il laisse sédimenter les éléments lourds et qu'il entraîne vers le haut les éléments légers, qui sont alors recueillis dans le seau. Le tout prend environ 20 minutes.

5-7-Le tamisage :

le contenu de ce seau est versé au-dessus d'une colonne constituée par 4 tamis à maille de 50 mm. Ces ouvertures laissent passer l'argile et ne retiennent que les nématodes d'une longueur d'environ 500 µm et les débris organiques. Il est nécessaire d'employer plusieurs tamis afin de récupérer les nématodes d'une largeur d'environ 20 µm qui sont passés droits sur le premier tamis. Le mélange constitué par les nématodes et les débris organiques est recueilli par un lavage rapide des quatre tamis.

5-8-Le passage actif:

la suspension qui contient les nematodes et les débris organiques est passée sur un tamis a maille de 100mm supportant un tissu de cellulose . ce tissu retient les nematodes et les débris organiques et le tamis est déposé dans une boite en verre remplie d'eau dans laquelle il est laissé pendant 24 heires . au cors de cette période les nematodes actifs traversent le filtre de cellulose et se retrouvent dans la boite en verre . les débris organiques étant restés sur le filtre.

On s'est ainsi débarasser successivement impuretés qui rendaient l'observation impossible ; le sable , l'argile, et débris organique dans le pratique l'efficacité des trois opérations n'est pas absolue ; des nematodes sont perdus lors de chacune d'entre elles . mais en procédent de facon constante , l'erreur faite est la même pour tous les echantillons , ce qui permet de procéder a des comparaisons.

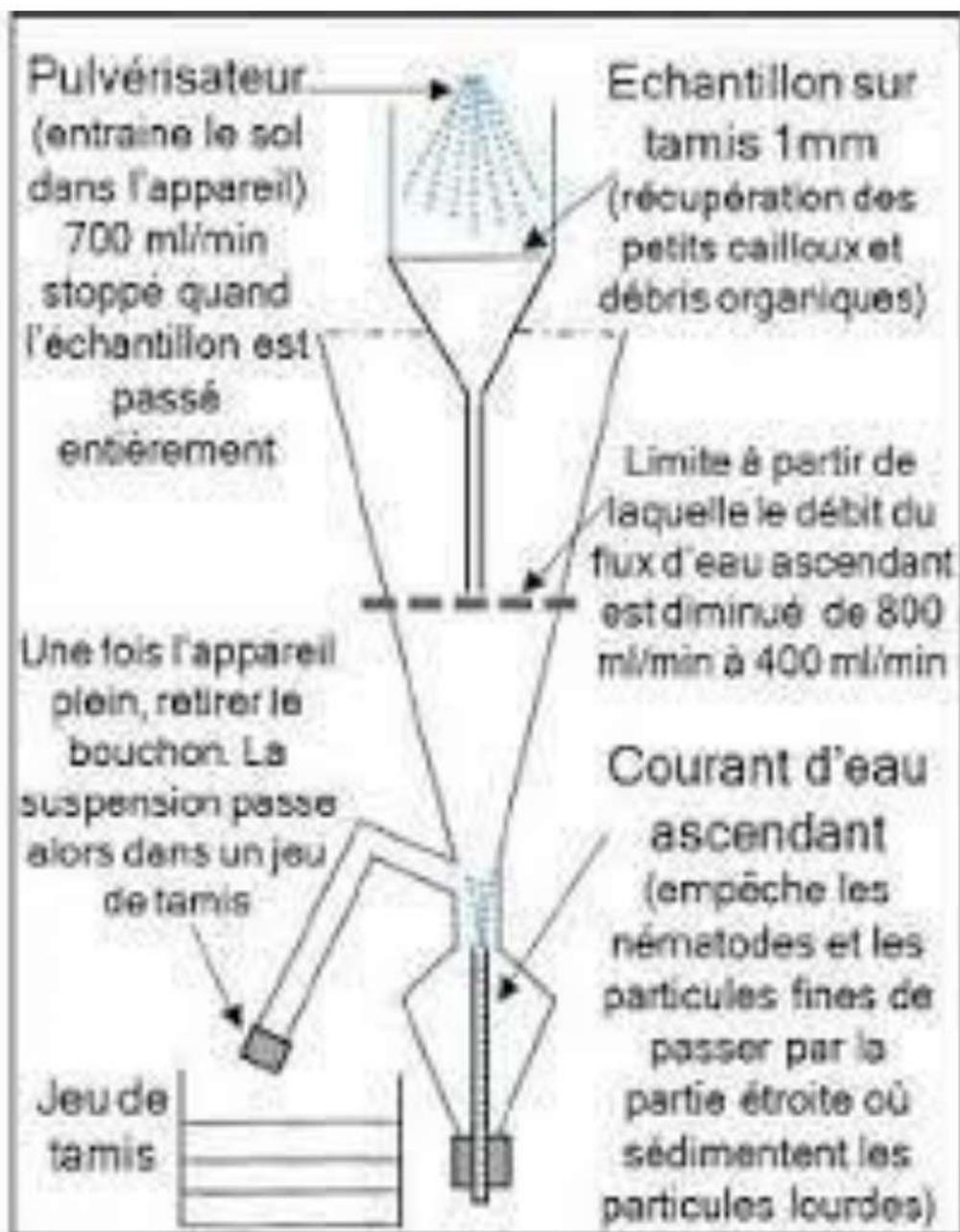


Figure N°15 : méthode d'extraction des nematodes présents dans le sol.

5-9-Extraction des nématodes d'un échantillon vegetal :

Quelle que soit la nature de l'échantillon vegetal a analyser (racines , graines , tiges , feuilles), ce matériel est soumis a l'esperseur a brouillard schématisé par la figure

Ce dispositif comprend trois parties:

Une boite a trop plein.

Un support d'échantillon constitué par la toile en plastique tendue sur un support en tube de pvc , ce support est placé dans la boite.

Un brumisatear intermittent tous les 10 minutes pendant 30 secondes cet appareil projette un brouillard d'eau qui se dépose lentement sur l'échantillon.

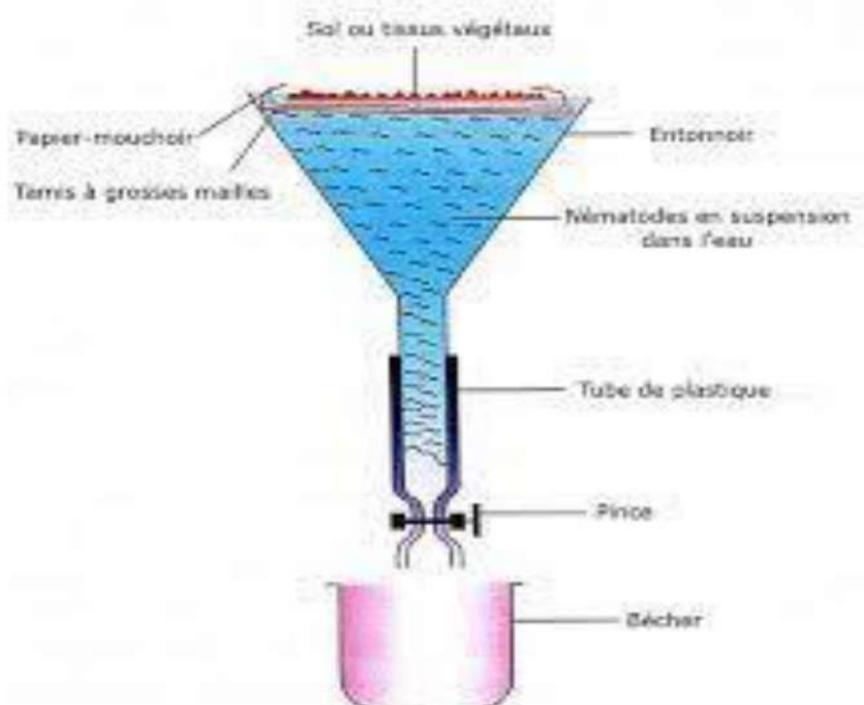


Figure N°16 : methode d'extraction des nematodes dans les tissus vegetaux.

6-Les nématodes dans les racines sont sous deux formes :

Soit une forme active (pratylenchus , hirschmanniella) ce qui les amène a sortir de la racine et a se déplacer a sa surface .

Soit une forme sessile (femelle et masse d'oeufs de meloigogyne ou de rotylenchulus ; femelles kystes et masses d'oeufs d'heterodera) dans ce cas ces oeufs sont externes ou internes a la racine et leur eclosion libère des juveniles a la surface de la racine.

Le brouillard qui se dépose lentement sur l'échantillon se condense en gouttes qui entraînent ces nematodes , a travers la toile moustiquaire , vers le fond de la boite l'apport d'eau par le brumisateur est suffisamment faible pour que le courant de trop plein n'entraîne pas les nematodes ; ceux ci restent au fond de la boite , toutes les semaines le support d'échantillon est transféré dans une boite propre et les nematodes contenue dans la boite sont recuellis .si la suspension obtenue est sale on procede a une purification par passage actif sur kleenex.

On dispose pour les racines d'une autre possibilité qui consiste a coloré différentielement les nematodes présentes dans les racines puis a les observer directement en place sous la loupe binoculaire . pour cela on procede a une fixation dans le lactophénol bouillant qui rend transparentes les racines . le colorant est ensuite ajouté en solution dans le lactophénol et les tissus du nematodes se colorent intensément ce qui permet de les différencier des tissus vegetaux qui ne prennent pas la coloration .

7-Identification et numération des nématodes d'un échantillon.

Une fois les nématodes extraits de la terre et de l'échantillon végétal il faut repérer la présence de nématodes phytoparasites, les identifier et les dénombrer. Pour cela on utilise la loupe binoculaire et le microscope. L'identification spécifique sous le microscope demande une préparation du nématode : sa fixation et son montage sur une lame d'observation ; puis il faut procéder au repérage des caractères et à la mesure des caractéristiques morphométriques des animaux.

Pour les échantillons de terre, le volume est déterminé avant l'analyse (250ml), les nématodes recueillis sont réunis dans 50ml d'eau et on compte soit un aliquot (5ml) soit la totalité après sédimentation. Pour chacune des espèces présentes le nombre d'individus est ramené au litre de sol.

Pour les échantillons végétaux le poids frais du matériel est déterminé avant la mise à l'aspersion. On procède au dénombrement des animaux recueillis en 2 ou 3 semaines et ceci chaque semaine pour chacune des espèces, le nombre des individus présents est ramené au gramme de matériel végétal.

Pour chaque échantillon, on remplit alors une feuille d'analyse fig12. L'ensemble des feuilles d'analyse remplies par un laboratoire de nématologie représente le fond d'archives indispensable à son activité. Cela permet d'effectuer des regroupements par plante (enquête faunistique) par espèce de nématodes (carte de répartition) ou de suivre dans un même endroit, l'évolution des populations.

Lors de l'examen des échantillons deux objectifs sont considérés :

Le repérage qualitatif des genres ou espèces importants.

L'espèce qualitative sous deux formes : la fréquence (pourcentage des échantillons contenant une espèce donnée) et l'abondance (nombre d'individus par unité de volume de terre ou de poids de racine).

La considération de ces éléments permet une première évaluation de l'importance des problèmes.

Elevage des nématodes phytoparasites:

L'élevage des nématodes phytoparasites a deux buts :

Vérifier qu'une espèce considérée se développe bien sur la plante à laquelle elle a été trouvée .

Obtenir des inoculums suffisamment importants pour réaliser des expériences.

Réaliser un élevage de nématode consiste à mettre en présence une seule espèce de nématode avec une seule espèce de plante.

Pour cela il est donc nécessaire de trier un par un les nématodes qui seront inoculés sur la plante et de faire croître cette dernière dans un pot contenant de la terre préalablement stérilisée (par autoclavage ou à l'aide d'un produit chimique) ; la stérilisation de la terre ayant pour but de détruire les nématodes qu'elle contient inévitablement.

On vérifie qu'un nématode se développe bien sur une plante donnée si la population finale du pot est nettement supérieure à la population initiale.

8-Root-knot nematodes: (*Meloidogyne* sp.)

Les parasites (*Meloidogyne* sp.) causent des dégâts sous un climat tempéré, mais ils sont vraisemblablement plus destructeurs sous un climat chaud. Dans les régions où le temps est frais, on considère que les nématodes à galles passent l'hiver principalement au stade de l'oeuf. Au second stade de développement, l'éclosion des oeufs, les jeunes nématodes pénètrent dans les racines des plantes hôtes et passent par les troisième et quatrième stades sédentaires, pour finalement atteindre le stade de mâle migrateur ayant la forme d'un ver ou de femelle sédentaire en forme de poire qui peut produire de 300 à 400 oeufs. Les dégâts sur la partie aérienne des pommes de terre causés par les nématodes à galles peuvent être pris à tort pour une carence en éléments nutritifs ou en eau. Il se forme habituellement des galles sur les racines, et les tubercules peuvent être envahis lorsque les populations de nématodes sont élevées.

La seule espèce de nématodes à galles qui a été détectée dans les cultures de pommes de terre de la région de l'Atlantique est le nématode à galles du Nord *Meloidogyne hapla*. Les populations n'étaient cependant pas considérables, et elles ont causé peu de dégâts. Cette espèce de nématodes peut surtout être préjudiciable à l'expédition des

pommes de terre de semence dans certains pays d'Amérique latine qui ont des restrictions phytosanitaires pour les nématodes à galles.

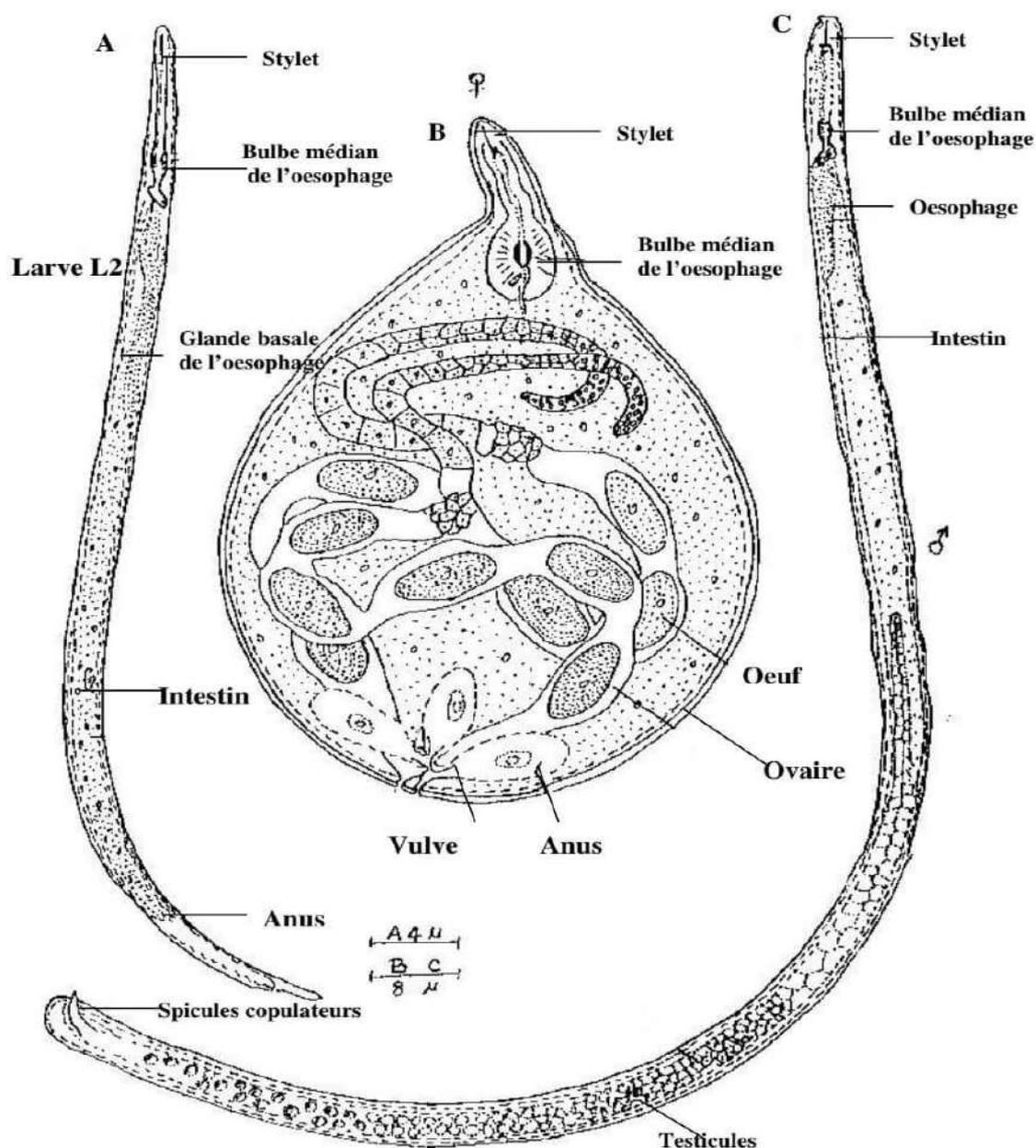


Figure N°17 : meloidogyne sp Nématodes à kyste du trèfle *Heterodera trifolii*

Le nématode à kyste du trèfle (*Heterodera trifolii*) est un parasite de diverses légumineuses fourragères dans la région de l'Atlantique. Les populations sont habituellement réduites et causent peu de dégâts. La particularité de ce nématode est la transformation de la femelle adulte en kyste rempli d'oeufs qui peut survivre dans le sol plusieurs années. Le nématode à kyste du trèfle ne parasite pas les pommes de terre, mais les kystes présents dans le sol peuvent coller aux tubercules. Plusieurs pays qui importent du Canada des pommes de terre de semence interdisent l'entrée des tubercules atteints par les nématodes à kyste du trèfle.

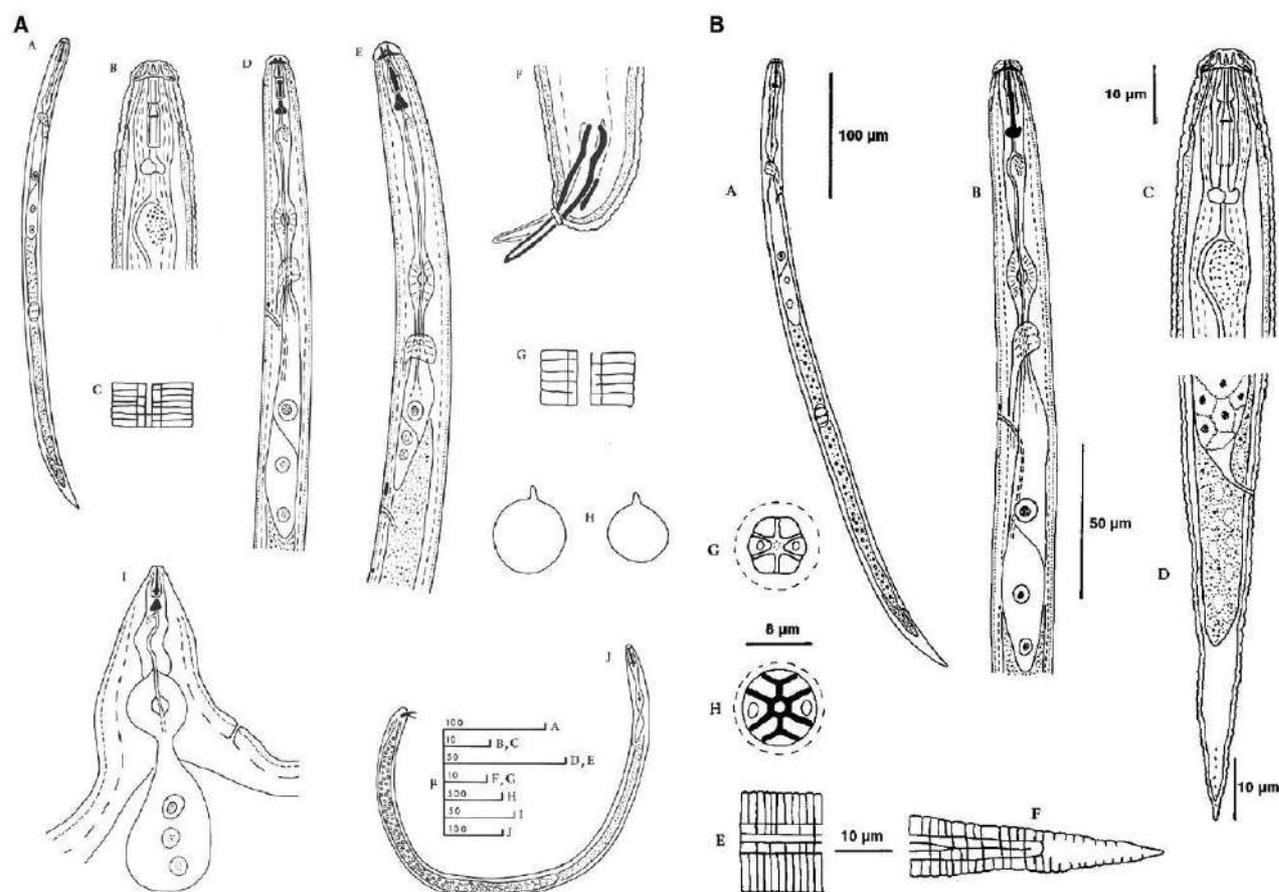


Figure 18 : *Heterodera trifolii*.

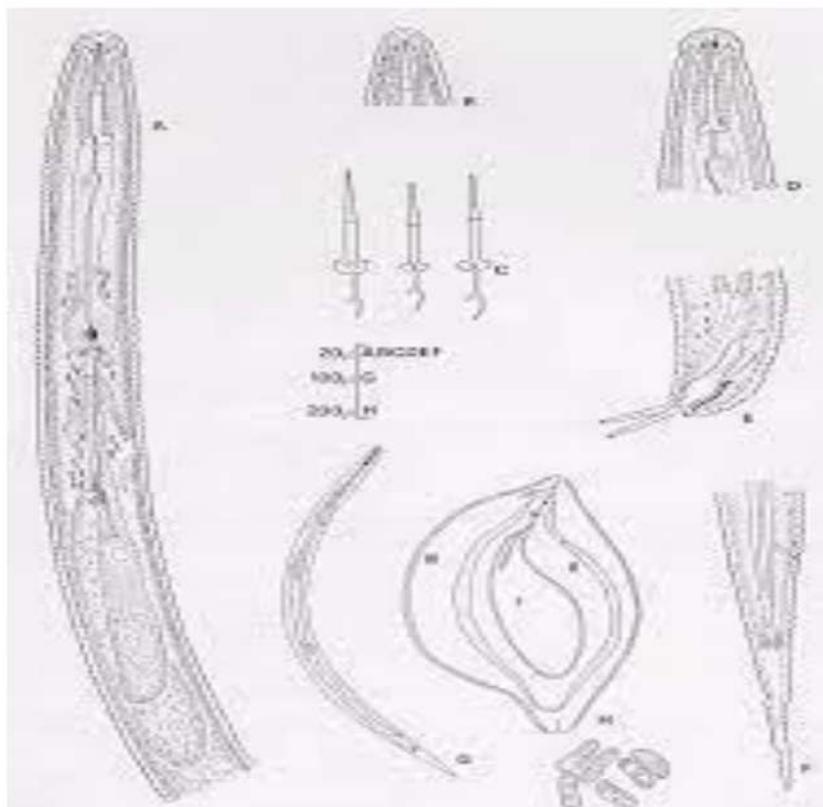


Figure N°19 : globodera rostochiensis

Nématode à kyste de la pomme de terre

Globodera rostochiensis, *Globodera pallida*

Globodera rostochiensis (nématode doré) et *G. pallida* sont d'importants agents pathogènes de la pomme de terre dans diverses parties du monde. Ces deux espèces ont été identifiées dans une zone relativement limitée de Terre-Neuve, mais nulle part ailleurs dans les provinces de l'Atlantique. Comme pour tous les nématodes à kyste, les femelles adultes du nématode doré gonflent et meurent, et leur corps se transforme en tégument résistant qui renferme plusieurs centaines d'oeufs et qui peut survivre dans le sol de nombreuses années.

CHAPITRE III

Nématodes Des racines des agrumes

1-Tylenchulus semipenetrans Cobb (Tylenchida , Tylenchulidae)

Mondialement répandu . le nematode tylenchulus semipenetrans Cobb est un minuscule ver parasite du systeme racinaire , capable de provoquer d'importants dégats en verger adulte , l'évolution prend plusieurs années , d'ou le nom de Slow decline (lent dépérissement) donné a cette nématose par les anglo saxons.

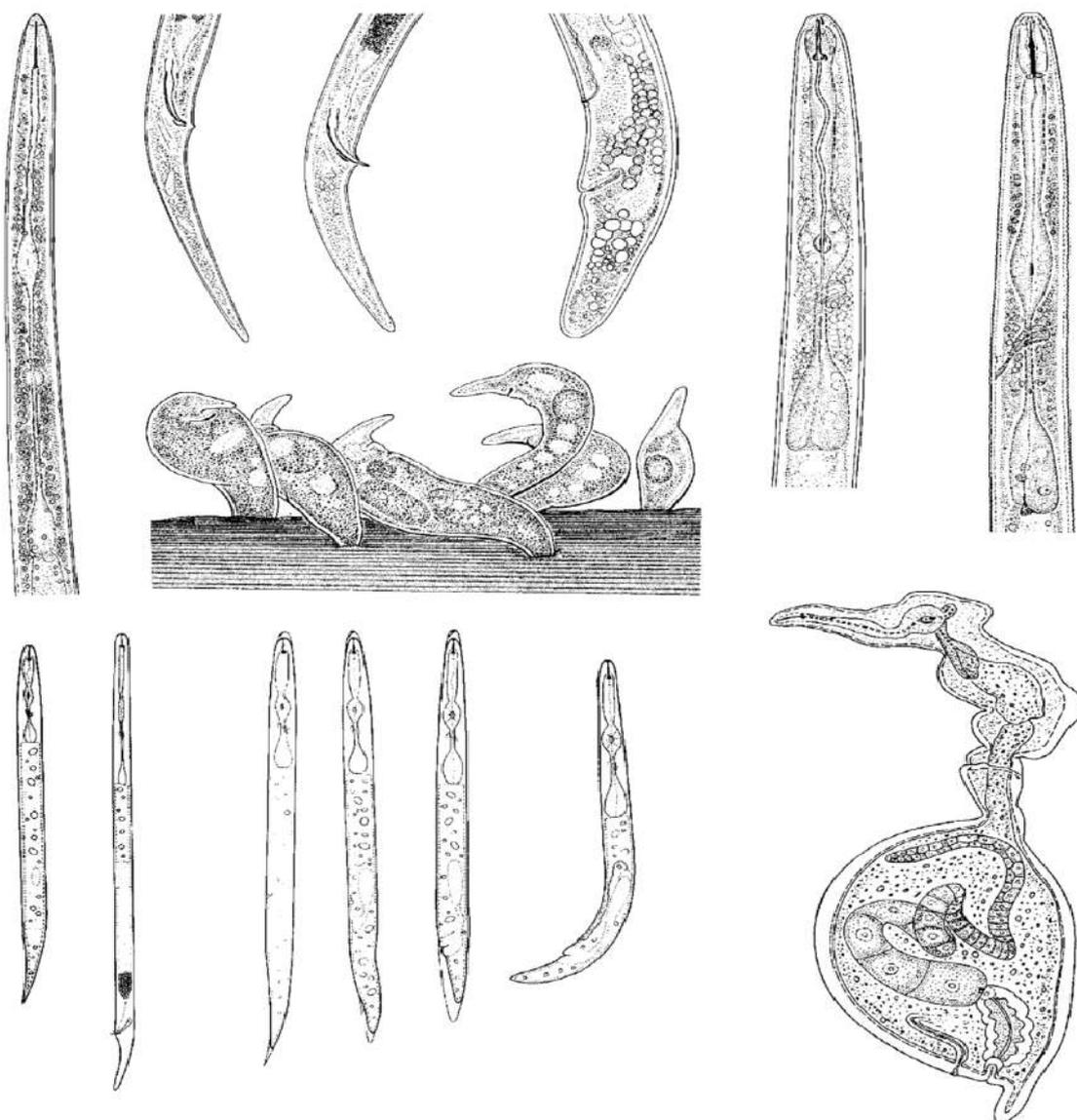


Figure N°20 : nematodes des racines des agrumes (tylenchilus semipentrans).

a. Nom scientifique : Tylenchulus semipenetrans

b. Noms communs internationaux :Anglais: Citrus root nematode; root nematode; citrus nematode.

Français : anguillule des racines des agrumes ; anguillule du citronnier ; nématode des agrumes ; nématode des citrus. Español : nemátodo de las raíces

C- Code OEPP: Anciennement connu sous le nom de « code Bayer », ce code identifiant est utilisé par l'Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes (**OEPP**) dans certaines régions.

un système créé pour identifier de manière unique les organismes essentiels à la protection agricole et culturelle, tels que les plantes, les organismes ravageurs et les agents pathogènes. Un élément essentiel d'une base de données de noms scientifiques et communs est le code OEPP. Où le code des attributs *Tylenchulus* devient "TYLESE".

2-Position systématique :

Ce parasite, également connu sous le parasite agrume, est un semi-endoparasite que on trouve dans le monde mondial dans toutes les zones agricoles (**Cobb, 1913**) :

Règne : Animalia

Embranchement : Nématoda

Classe : Chromadorea

Ordre : Tylenchida

Famille : Tylenchulidae

Genre : Tylenchulus

Espèce : Tylenchulus semipentrans (Cobb, 1913)

3-Description morphologique des Tylenchulus semipentrans :

Cette espèce se distingue par un dimorphisme sexuel important et l'hypertrophie de la femelle. La section antérieure est engagée dans les racines, mais la partie ultérieure est étendue, remplie, en forme comme un saccariforme, et terminée avec une file d'attente qui est encore à l'extérieur des racines. La tête déviée de l'armature cunéiforme est équipée d'un stylet robuste et de renflements basaux substantiels. Le bulbe médian est arqué vers le haut avec de grandes valves. (Sellami, 2008).

Rashidifard et al. (2015) indiquent que les caractéristiques suivantes de la morphologie du nématode sont mesurées : la longueur du corps des femelles (245-295 μm), la taille de leurs stylets (10-22 μm), moins de picules (17-22 μm) et la longueur de la lignée juvénile de deuxième étape (31-59 μm). Choi (2001) a décrit une population de cette espèce avec des spicules (17-22 μm) et un stylet légèrement plus court mâle (7-19 μm).

Les larves du deuxième stade L2 apparaissent comme un fuseau d'une longueur entre 300 μ et 350 μ long, arquées à l'avant et modérément effilées à l'arrière. Ils ont un stylet de 12 à 13 μ de long et décoré de trois boutons de base arrondis . L'œsophage a un bulbe moyen, une

valvule modérément développée, suivie d'un segment plutôt long et fin (l'isthme), se terminant par un bulbe glandulaire basal rétracté qui ne s'étend pas dans l'intestin (**Vilardebo et Luc, 1961**).

À ce stade, il est possible de distinguer les larves qui produiront des femelles et celles qui produiront des mâles. Le premier a un œsophage plus long et est plus petit et plus d'effluent dans le dos que le second. Le développement des larves mâles et femelles diffère grandement l'un de l'autre (VanGundy, 1958). Les larves mâles sont présentes pendant un court temps au deuxième stade (2 à 3 jours) et donnent rapidement naissance à trois fœtus supplémentaires pour devenir des mâles adultes. Depuis la fermeture de l'UF, l'ensemble du processus peut ne prendre que 180 heures. D'autre part, les larves femelles pourraient rester au deuxième stade pendant très longtemps (**CRI, 2003**).

4- Biologie et écologie de *Tylenchulus semipentrans*:

4-1-Biologie de *Tylenchulus semipentrans* :

Le nématode des agrumes *Tylenchulus semipentrans* est une espèce dimorphe qui présente un dimorphisme sexuel aux stades juvénile et adulte (les individus sont mâle et femelle) (**Sellami, 2008**). La reproduction de cette espèce peut se produire par le sexe ou la parthénogenèse facultative sans avoir besoin de mâles. (**Cobb, 1913**).

Le cycle de vie de *T. semipentrans* est typique des nématodes phytoparasites. Un seul œuf contenant la première tache juvénile (J1) sert de premier composant. Cette station se transforme en le juvénile de la deuxième station (J2) avant de fermer et de rechercher les traces

raciales de l'hôte à manger (**Djian-Caporalino, 2009**). La femelle vermiforme J2 subit une transformation en jeunes femelles J3, J4, puis J5, cette dernière se développant en une femelle adulte portant le sexe. La maturation des jeunes femelles immatures en adultes

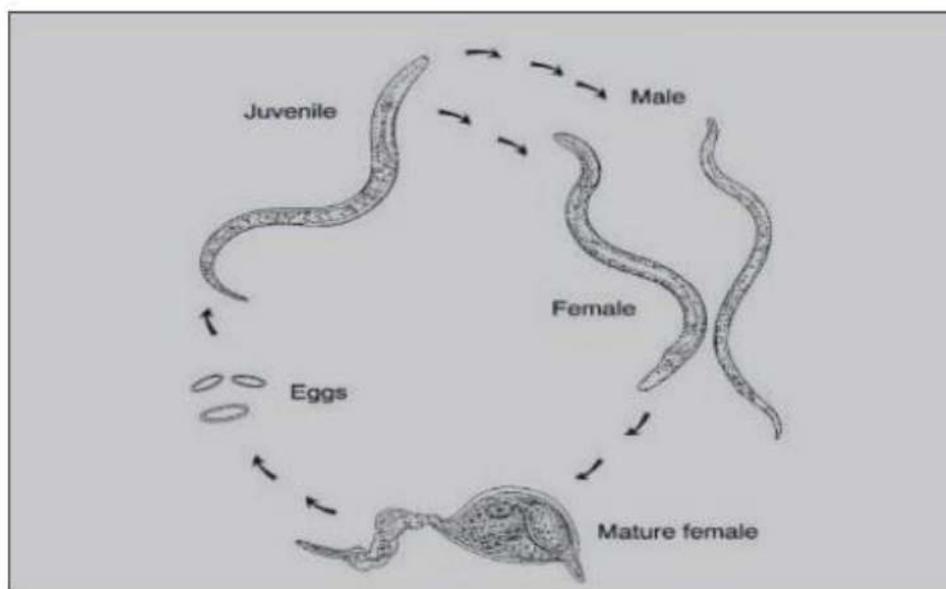


Figure N°21: Cycle de vie simplifié de tylenchus semipetrans

Les adultes ont besoin d'une période d'alimentation pendant laquelle la jeune femelle se nourrit de l'épiderme et des cellules parenchymateuses superficielles des racines (**Van Gundy, 1958**).

Selon **Kellal et al. (2005)**, la juvénile femelle s'installe en s'insérant dans les couches corticales profondes à l'extérieur de la racine, généralement sans toucher le cylindre central. (ou exceptionnellement l'endoderme). Elle a créé une installation d'alimentation permanente composée de cellules spécialisées (les cellules d'alimentation sont la principale source de nutriments). Avec le développement de la gonade, la partie postérieure de la femelle s'étend à l'extérieur de la racine, tandis

que la partie antérieure de l'ovaire reste incrustée dans le cortex (CABI, 2019). Les œufs produits par les femelles matures sont intégrés dans une matrice gélatineuse scellée par le dispositif excréteur. Les cycles de vie des femelles varient de quatre à huit semaines, selon l'espèce à laquelle elles appartiennent (Van Gundy, 1958).

Avant de quitter la masse d'œufs, les mâles continuent généralement jusqu'au troisième stade de développement et le mâle mature peut se développer en aussi peu qu'une semaine sans nourriture.

Les mâles adultes ne parasitent pas les plantes (Cobb, 1913 ; CABI, 2019).

4-2-Écologie de *Tylenchulus semipetrans* :

La coévolution étroite de *T. semipetrans* avec les agrumes, qui a conduit à une relation parasitaire très développée, a un impact sur l'écologie de l'espèce. La vaste gamme d'hôtes du parasite et la biologie structurale bien développée sont des indications de cette relation prématurée.

développement de cellules productrices d'éléments nutritifs et le nombre inhabituellement élevé de nématodes qui peuvent être soutenus par les arbres avec un déclin léger à modéré (Reynolds et O'Bannon, 1963). Contrairement à *Meloidogynes* spp., les *T. semipetrans* juvéniles peuvent survivre sans gîte pendant plusieurs mois à plusieurs années, selon la température (Baines, 1958), sans épuiser les réserves lipidiques nécessaires à la motilité et à l'infection (Van Gundy et al., 1967).

T. semipenetrans peut vivre dans un endroit qui n'est pas assez chaud pour la croissance de ses plantes hôtes. Les populations de ce nématode atteignent généralement des densités plus élevées dans les climats arides et méditerranéens que dans les zones subtropicales ou tropicales.

tropiques humides (**Ducan et El-morshedy, 1996**). Dans les sols à texture lourde (Van Gundy et al., 1962, 1964) et les sols à texture légère (**Ducan et El-morshedy, 1996**). un potentiel hydrologique faible, plutôt qu'un potentiel élevé, favorise la croissance démographique, à condition que certaines portions de le système racial ont accès à un niveau d'humidité adéquat.

Tylenchulus semipenetrans a été utilisé pour étudier le mouvement et le taux d'infection des agrumes dans des pots utilisant différents types de sol. Les taux les plus élevés d'infection des plantes et de mobilité des nématodes ont tous deux été observés dans le sable calcaire, suivi par le sable grossier et le sable parfumé au citron. Un nombre minimum de jeunes femelles pourrait infester les racines des agrumes grâce à des pots avec un substrat rempli de sable à un volume de (2:1) (Iqbal et al., 2007).

Selon **Timmer et al. (2003)**, les populations les plus élevées de *Tylenchulus semipenetrans* se trouvent généralement dans les vergers d'agrumes établis dans des sols à texture fine ou dans du sable à forte résistance à la traction de la matière organique.

5-Distribution des nématodes des agrumes :

Tylenchulus semipenetrans Cobb est un nématode semi-endoparasite trouvé dans les racines d'agrumes (**O'Bannon et Reynolds, 1967**). Selon **Kwaye et al. (2008)**, le déclin constant des agrumes causé par ce type de nématode est un problème permanent.

observé dans un certain nombre de régions du monde (Figure 14). Ce nématode a évolué dans l'Extrême-Orient avec les agrumes et s'est propagé dans de nombreuses régions productrices d'agrumes à travers le monde en utilisant du matériel végétal de propagation infecté par les nématodes (Timmer et al. 2003). Abd-Elgawad et al. (2016) ont rapporté la présence du nématode des agrumes dans tous les échantillons de sol et de plantes de chaque verger testé en Égypte (Mokrini, 2010 ; Mokrini et al., 2018). La distribution des premiers biotypes de *T. semipenetrans* n'est pas comprennent clairement. Il semble que le biotype agrume soit présent en Californie et en Italie d'après les résultats d'études sur les préférences des hôtes (Ineserra et al., 1980). Le biotype méditerranéen signalée dans plusieurs pays du bassin méditerranéen et en Afrique australe (Ineserra et al., 1980 ; Gottlieb et al., 1986 ; Verdejo-Lucas, 1992). La Californie et le Japon abritent le biotype *Poncirus* (Baines et al., 1974 ; Gottlieb et al., 1986). Selon certaines études, les populations de *T. semipenetrans* trouvées en Amérique du Nord (Arizona, Floride et Texas), en Amérique du Sud (Argentine, Brésil et Venezuela), en Australie et en Inde pourraient être des biotypes agrume ou des biotypes méditerranéens car ils infectent et

se reproduisent. mal sur *P. trifoliata*. Potentiel d'entre eux (Campos et Barbosa Ferraz, 1980 ; Crozzoli et Funes, 1992) déclarent qu'il n'y a aucun cas connu d'infection sur les oliviers.

Il convient de noter que ce parasite a été trouvé sur agrumes dans toute l'Algérie et l'Afrique, soit parce qu'il s'est largement disséminé, soit parce qu'il a été localisé dans des verges spécifiques (**CABI et OEPP, 1999 ; OEPP, 2020**)

6-Symptômes due à *T.semipenetrans* :

L'étendue de l'infestation par *T. semipenetrans*, l'âge des arbres et le moment de l'infection peuvent tous affecter les symptômes d'un déclin lent. Les plants de roquette récemment plantés ne présenteront aucun symptôme, tout comme les populations de *T.*

Selon **Sekora et Crow (2018)**, les *semipenetrans* n'ont pas encore atteint des niveaux élevés (au moins 2000 individus par 100 cc de sol). Les symptômes sont plus importants chez les vergers qui ont subi un stress, que ce soit en raison de conditions de croissance moins qu'idéales, de la sécheresse ou du rabougrissement et de la pourriture des racines provoqués par l'infection à *Tylenchulus semipenetrans* (Duncan, aériennes. Les arbres infectés ont généralement des feuilles plus petites que la normale qui sont de nature chlorotique.

Le flétrissement est plus prononcé en situation de stress hydrique chez les arbres infectés que chez les arbres sains. Le niveau de potassium dans les feuilles d'agrume est inversement proportionnel au niveau de

infection par des nématodes parasites. Dans les environnements salins, un excès de sodium s'accumule dans les feuilles des arbres infectés, aggravant les problèmes de salinité (Mashela et al., 1992).

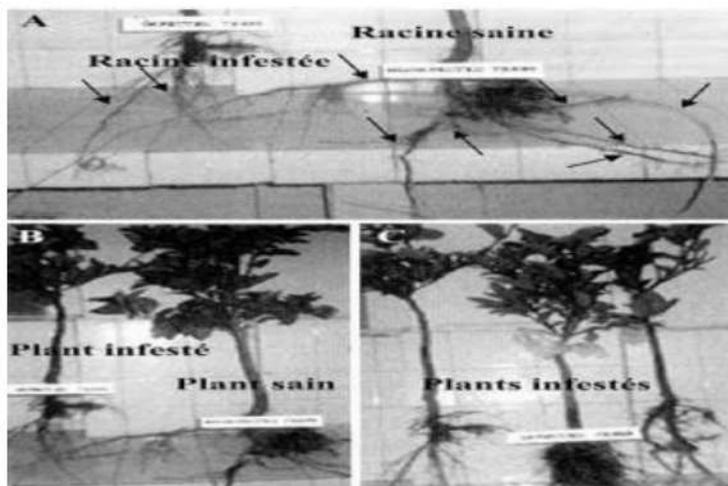


Figure N°22: qualité de l'enracinement des plants de 'Maltaise douce ' greffés sur bigaradiers indemnes et infestés par le nematode de citrus (Kallel et Bachir 2005)



Figure N°23 : les feuilles très petites que le normal

7-La lutte contre *Tylenchulus semipenetrans* :

La menace posée par cette espèce augmente et la lutte contre elle est incroyablement difficile (**Galeano et al. 2003**). Selon qu'il s'agit d'un traitement curatif ou préventif, la lutte contre ce parasite prend différentes facettes. Les arbres sont déjà en place (**Sekora et Crow, 2018**).

7-1-Traitement préventif :

Selon **CABI (2019)**, le développement de plantations totalement exemptes de parasites nécessite des équipements et du sol à base de plantes. Cependant, il y a de très bonnes chances qu'un site qui n'a jamais supporté d'agrumes ou d'oliviers soit complètement exempt de ce nématode. S'il a porté un Ils doivent être complètement dispersés, que l'une de ces cultures soit dominante ou non. L'étape suivante est un traitement à forte dose de nématicide, suivi d'un jape de plusieurs mois.

7-2-Traitement curatif :

Dans le cas de haies établies et infectées, les arbres traités sont ceux qui sont déjà là. Différentes méthodes curatives peuvent être utilisées.

7-2-1-Contrôle chimique :

La méthode la plus efficace pour lutter contre les parasites du sol, les semences de plantes nuisibles et les agents pathogènes, dont les nématodes, est la fumigation. Lors de la replantation d'agrumes, il est crucial de prendre en compte la fumigation avant la plantation car la

présence de nématodes ou d'autres agents pathogènes du sol peut gravement endommager les jeunes arbres (McKenry, 1999).

Il existe deux grandes catégories de produits chimiques : les hydrocarbures halogénés et les isothiocyanates de méthane (métam-sodium, métam-potassium) libérateurs. D'autres produits, comme l'azoture de sodium (efficace uniquement à pH acide) et l'iodométhane, peuvent être testés.

Le sol est fumigé avec des hydrocarbures halogénés avant la plantation pour lutter efficacement contre *T. semipenetrans* pendant plusieurs années.

(Le Roux et al., 1998 ; Sorribas et al., 2003)

7-2-2-. Contrôle biologique :

Dans les zones où la guerre chimique n'est pas disponible ou trop chère, ainsi que chez les agriculteurs qui pratiquent l'agriculture biologique, la guerre biologique peut être utile. Lorsque la pression parasitaire est modérée, la guerre biologique peut être plus efficace. plutôt qu'élevé, en raison de la relation inverse entre les densités de nématodes et les niveaux de contrôle des agents de guerre biologique (Bourne et Kerry, 1999). Lorsque des agents de lutte biologique sont utilisés sur le terrain, des données de terrain supplémentaires sont nécessaires pour accroître notre compréhension de leur relation avec le nématode (Verdejo-Lucas et McKenry, 2004). La guerre biologique est encore essentiellement un système expérimental.

De nombreux agents de guerre biologique, tels que des bactéries et des micro-organismes comme les nématodes et les champignons, A titre d'illustration, le bio-nématon à base de *Paecilomyces lilacinus*, *Stanssingia* et *Micronema* (*Serratia* sp.,

Comme rapporté par Deepa et al. (2011), Khalil et al. (2012), Askary et Martinelli (2015), et El-nagdi et al. (2015), plusieurs espèces de phytoparasites nématodes (*B. circulans*, *B. thuringiensis*, *Pseudomonas* sp., *Azotobacter* sp. et *B. thuringiensis*) ont été identifiées pour lutter contre ces espèces.

Selon Abd-elgawad (2008) et Abd-elgawad et al. (2015), plusieurs produits chimiques de lutte biologique sont vendus en Égypte pour prévenir les risques pour la santé et la pollution environnementale causés par les contaminants biologiques.

nématicides chimiques. En raison des effets environnementaux négatifs de ces produits conventionnels et de la fréquence de leur utilisation, les organismes ravageurs deviennent plus résistants, nécessitant la nécessité d'une stratégie alternative à la fois respectueuse de l'environnement et financièrement viable (**Hammam et al., 2016**).

Des tests de guerre biologique in vitro en Algérie utilisant des extraits de plantes naturelles et cultivées ont démontré leur efficacité contre les larves de *T. semipenetrans*. Nebih Hadj-Sadok (2015) affirme que l'utilisation d'extraits aqueux à base de feuilles de chou (*Brassica oleracea*) et la fleur de chou (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) se sont révélées plus toxiques, tuant les larves de *T. semipenetrans* à 90

%. Cependant, le pourcentage de mortalité enregistré pour les extraits à base de matières à base de racine n'est que d'environ 60 % pour les extraits à base de racine de fleurs de choux et de 56,66 % pour les matières à base de racine. De plus, des études sur la toxicité des extraits d'ortie (*Urtica dioica* L.) ont montré que les effets biocides des produits fabriqués à partir d'extraits d'ortie sont biodégradables. *Dioica* L est assez élevé (100%). Par rapport à celui qui provient de la partie sèche de l'air (50 %),

Cependant, la pureté des formulations à base de tissus fibreux (feuilles et racines) n'est que de 50 %. **(Maachou, 2013).**

CHAPITRE VI

CHAPITRE IV

1-Presentation du laboratoire (SRPV)

1-Création:

Le SRPV a été créé en mai 1998, à travers le décret exécutif 98-177 du 24 mai 1998 bénéficiant des biens mobiliers et immobiliers cédés par l'EX-ITMAS de Mansourah du wali N76 du 04\01\2004 procès verbal de remise du 11\01\2004 consigné entre le directeur général de l'INPV et le directeur des domaines de la wilaya de Tlemcen (certificat



d'inscription au tableau général des immeubles du domaine national sous le N262 du 18 janvier 2004.

2-Activités principales et annexes :

- Réaliser des diagnostics et l'expertise pour le compte de l'autorité phytosanitaire nationale et les tiers .

CHAPITRE IV

- Surveillance et lutte contre les fléaux agricoles a caractère national et régional
- Prévention phytosanitaire.
- L'elaboration des programmes de vulgarisation dans le domaine phytosanitaire.
- Developper des techniques de lutte dans le domaine de la - protection des vegetaux .
- Realiser des enquetes et des études bioécologiques sur les ennemis des cultures .
- Contribuer a la realisation des programmes nationaux d'evaluation biologique des pesticides pour homologation.
- Contribuer aux proframmes nationaux de recherche sur les ravageurs et les maladies des cultures et developper les méthodes de lutte.
- L'encadrement des étudiants universitaires et stagiaires de la formation professionnelle dans des thématiques en relation avec la protection des vegetaux .

3-Implantation (plan a l'echelle):

Adresse : route de Sabra , Mansourah Wilaya de Tlemcen

Coordonnées géographiques : 34° 52' 13" N 01°20' 32"E

4-Délimination :

- Nord : route national N7
- Est : vestiges de Mansourah (direction de culture)
- Ouest : INSFP Mansourah

CHAPITRE IV

- Sud : propriétés CHIBOUB , BENYELES , station d'essence Khlif , Rocade et RW

Valeur vénale :

Le SRPV et un établissement public a caractère administratif a vocation technique ses missions principales sont :

Proection des cultures stratégiques par la lutte contre les fléaux agricoles (précisément le criquet marocain et pèlerin , punaise des céréales et rats des camps).

Accompagnement des agriculteurs par des avis de traitement et le suivi sanitaire de leurs parcelles .

Sensibilisation des agriculteurs et l'organisation des journées de vulgarisation pour les informer des différents ravageurs et des périodes propices d'intervention pour réduire les couts et protéger l'environnement contre l'utilisation abusive des pesticides.

5-Caractères générales :

Le SRPV s'étale sur une superficie totale de 31 Has 39A 24 CA possédant des infrastructures construites en dur et en charpente métallique . elles sont représentées par :

Un bloc administratif composé de bureaux et de laboratoires dédiés aux 06 disciplines :

Nematologie , entomologie, mycologie.

CHAPITRE IV

Malherbologie , bactériologie et virologie , dont le dernier n'est pas encore opérationnelle .

Une base logistique composée de bureau , de magasin et locaux de stockage .

07 logement de fonction occupés par des agents de la SRPV.

02 chambres de passagers.

7-Importance de l'établissement:

Le SRPV est un établissement public , a caractère administratif , a vocation technique régional , stratégique et de service , contribuer dans l'encadrement de l'economie agricole et l'appui technique aux agriculteurs pour la prévention contre les fléauc agricoles .

L'institut est chargé de contrôler tous les végétaux ou produits végétaux tant au niveau de la circonscription qu'a l'importance ou l'exportation pour éviter l'introduction ou la circulation de ravageurs de quarantaine dont les dégats peuvent se répercuter sur les rendements et la qualité des produits.

2-discussion:

2-1-Objectif d'etude:

Caractérisation des espèces de nématodes présentes dans les vergers d'agrumes de la région étudiée.

Évaluation des techniques de diagnostic pour détecter la présence de nématodes et estimer leur densité dans le sol.

CHAPITRE IV

Étude des méthodes de gestion actuellement utilisées dans les vergers d'agrumes (par exemple, la rotation des cultures, l'utilisation de nématocides, l'amendement du sol) et évaluation de leur efficacité. Comparaison des différentes méthodes de gestion en termes de réduction des populations de nématodes, de santé des plantes et de rendement des cultures.

Élaboration de recommandations pour les agriculteurs sur les meilleures pratiques de gestion des nématodes des agrum

2-2-Choix de site :

Afin d'étudier l'effet des nematodes sur le rendement des agrumes nous avons choisi plusieurs régions différents en termes de climat et de type du sol parmi ces site on le la ferme de monsieur **Abdelkader ounane**

Les informations de cette ferme:

Type de recolte : l'orangier

Date de plantation : 21 mars

Localisation : maghnia djerabea

Pays : algerie

Wilaya : tlemcen

Daira : maghnia

Climat

Temperature moyenne annuelle : 15 c

CHAPITRE IV

Vent N : 6km\h

L'humidité : 32

Cordonées géographiques :

L'altitude : 34 52 13

Longitude : 01 20 32

2-3-Matériels utilisés:

1-Sachet en plastique

2-Etiquettes

3- Loupe binoculaire (OPTIKA)

4-Des gants



figure24 :la houe Bassin original



figure 25 : l'appareil de fenwik



figure 26 : Entonnoir en fer



figure 27 :papiers filtres



figure 28: tamis



figure 29 :boite de pétri



figure 30 : Des gants

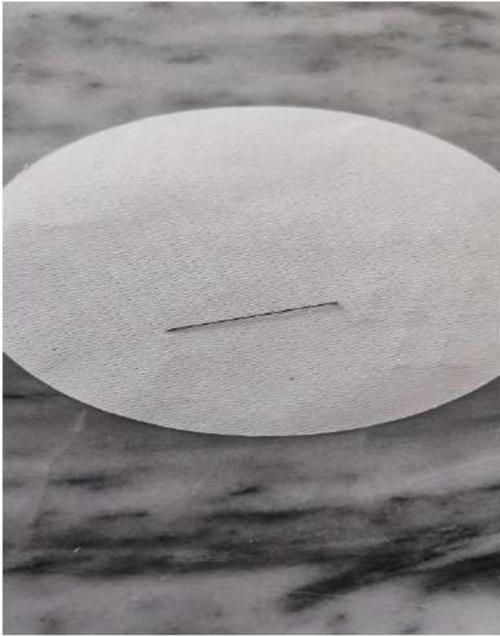
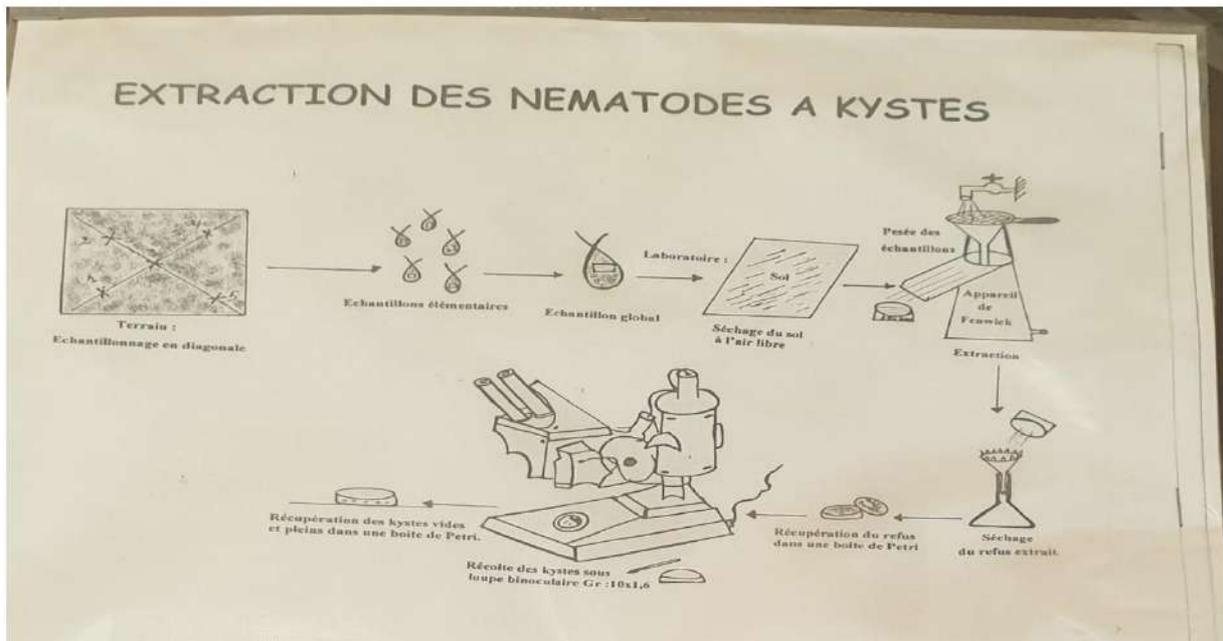


figure 31 : aiguille



CHAPITRE IV

2-4-Methode Au terrain :

2-4-1-Echantillonnage : pour etudier l'effet des nematodes sur les agrumes nous avons prelever des echantillons dans plusieurs sites , et on le met dans des sachets en plastique nous les avons coller des étiquettes sur chacun afin de l'identifier dans laboratoire de INPV.

sol dans plusieurs sites,

Conditionnement des échantillons

Les échantillons prélevés sont met dans des sachets en plastique qui sont étiquetés afin de les identifiés dans laboratoire de INPV.



Figure N°32 : Conditionnement des échantillons (Chachou et Boukarabila, 2023)

2-4-2-AU LABORATOIRE :

Première étape Après le prélèvement des echantillons on a dessecher les échantillons du sol à l'air pendant 2 jours ou 3 jours dans des boites en plastique

.2.2.1. Matériel utilisé au niveau du Laboratoire

CHAPITRE IV

Tableau N° : l'ensemble du matériel utilisé au niveau du laboratoire de l'INPV

N°	Matériel	Nomination
01		<p>Appareil de FENWIK</p>
02		<p>Entonnoir en Fer</p>

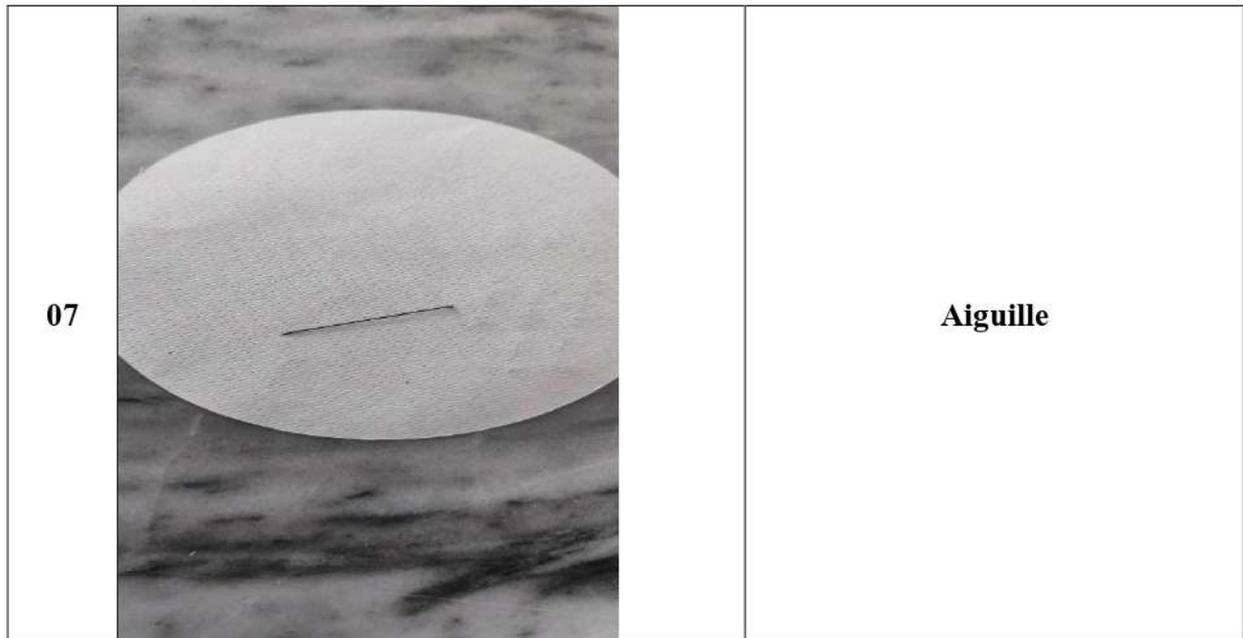
CHAPITRE IV

<p>03</p>		<p>Papier Filtre</p>
<p>04</p>		<p>Tamis de 250 μm de mailles</p>

CHAPITRE IV

05		Boîtes de Pétri
06		Des gants

CHAPITRE IV



IV.2.2.3. Extraction des nématodes à kystes

- A. Objectif : Détection de la présence des Nématodes à Kystes
- B. Les étapes à respecter

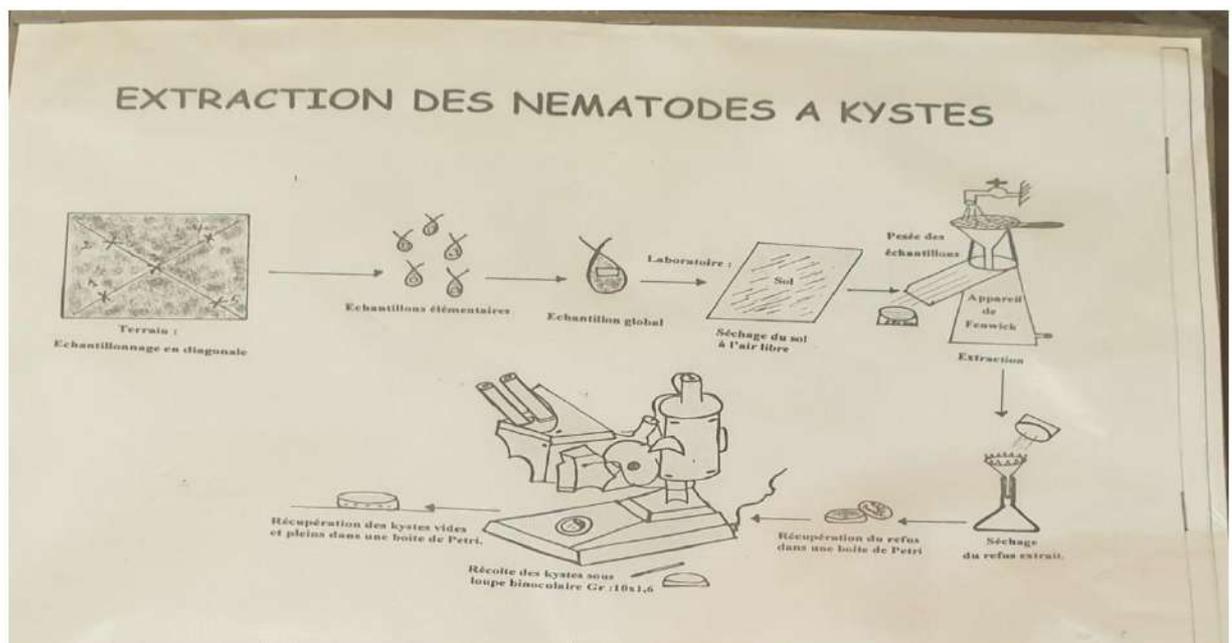


Figure N°33 : Les étapes d'extraction des nématodes à Kystes (INPV, 2023)

CHAPITRE IV

- a. **étape 01** : Après le prélèvement des échantillons, on a desséché les échantillons du sol à l'air libre pendant deux (02) ou trois (03) jours dans des bacs en plastique.



Figures N° 34: Séchage des échantillons prélevés

b. Etape 02 : la méthode de FENWIK (1940)

C'est une méthode classique basée essentiellement sur le principe de flottaison des kystes (basé sur la densité des kystes par rapport à celle de l'eau).

Les kystes pleins ont une densité qui varie avec leur contenu et leur état d'humidité, l'on retiendra que cette densité est toujours inférieure à 1,18. En revanche, les kystes secs, quel que soit leur contenu, ont une densité inférieure à 1. Ainsi, les kystes pleins et humides sédimentent très vite alors que les kystes secs flottent à la surface de l'eau, ce qui permet de les récupérer. C'est pourquoi, l'opération nécessite un dessèchement préalable du sol contenant les kystes (Djebroune ,2013).

C. Mode de fonctionnement de l'appareil FENWIK

L'extraction des kystes consiste à faire passer le sol sec à travers un filtre domestique de 1 mm. Le maillage du corps de l'appareil est enlevé par un jet d'eau. Les particules fines et les kystes traversent et retiennent également les grosses particules minérales et végétales. Ces éléments légers flottent à la surface de l'eau sous l'action du trop-plein sous forme

CHAPITRE IV

de graines des adventices, d'herbe, et de la matière organique et les kystes seront aspirés dans la gouttière pour s'écouler sur un tamis de 250 μm .

Récupérer le contenu des tamis à l'aide d'un jet d'eau dans une pissette sur papier filtre Soutenu par un entonnoir. Le filtre et son contenu sont placés dans une boîte de Pétri Une étiquette numérotée indiquant : parcelle, espèce, date de prélèvement, date d'extraction. et sécher naturellement à une température ambiante durant 24 heures.



Figure N°35 : utilisation de l'appareil de FENWIK dans laboratoire (Original, 2023)

D. Récupération des Kystes



Figure N°36 : Récupération des kystes sur papier filtre (Original, 2023)

Après le séchage des échantillons sur papier -filtre pour récupérer les kystes, on doit mettre les refus dans des boîtes de pétri.

Pour finir notre extraction, on doit passer à l'étape de l'observation microscopique à travers d'une loupe binoculaire dont le but est l'identification des nématodes.



Figure N°37 : Loupe binoculaire



Figure N°38 : Kyste de nématode sur la racine

IV.2.2. Résultats et Discussion

	Négative
	Positive
	Négative

CHAPITRE IV

	Négative
	Négative
	Négative
	Négative
	Négative

L'étude a permis de caractériser les espèces de nématodes présentes dans les vergers d'agrumes de la région étudiée. Les résultats ont révélé la présence de nématodes, dans l'échantillon N°5. Ces résultats soulignent l'importance de surveiller attentivement les populations de nématodes dans les vergers d'agrumes, car différentes espèces peuvent avoir des impacts variables sur la santé des plantes et les rendements.

En ce qui concerne les méthodes de gestion des nématodes, l'étude a évalué plusieurs approches, notamment la rotation des cultures, l'utilisation de nématocides et l'amendement du sol. Les résultats ont montré que la rotation des cultures avec des plantes non hôtes des nématodes peut réduire efficacement les populations de nématodes et améliorer la santé des plantes d'agrumes. De plus, l'utilisation de nématocides spécifiques s'est avérée efficace pour réduire les populations de nématodes, mais il est important de les utiliser judicieusement pour minimiser les effets néfastes sur l'environnement et la santé des travailleurs agricoles.

CHAPITRE IV

L'amendement du sol avec des matières organiques a également montré des résultats prometteurs pour réduire l'impact des nématodes sur les agrumes.

En analysant les résultats de rendement des cultures, on a observé une amélioration significative lorsque des méthodes de gestion appropriées étaient mises en place pour contrôler les populations de nématodes. Les vergers qui ont suivi des pratiques de gestion recommandées ont présenté des rendements plus élevés par rapport à ceux qui n'ont pas mis en œuvre de mesures de gestion adéquates. Cela démontre l'importance d'une gestion efficace des nématodes pour maintenir la productivité des vergers d'agrumes.

Conclusion

Conclusion

Les nématodes des agrumes représentent une préoccupation sérieuse pour les agriculteurs et les producteurs d'agrumes. Ces petits vers parasites peuvent causer d'importants dégâts aux racines des agrumes, compromettant ainsi la croissance et la santé des arbres. La lutte contre les nématodes des agrumes est un défi complexe qui nécessite une approche intégrée, combinant des mesures préventives, des techniques culturales adaptées et l'utilisation de méthodes de gestion des nématodes.

Il est essentiel de mettre en place des pratiques agricoles visant à prévenir l'introduction et la propagation des nématodes des agrumes. Cela peut inclure la sélection de variétés résistantes aux nématodes, la rotation des cultures, l'utilisation de plants certifiés exempts de nématodes, ainsi que la désinfection des outils et des équipements agricoles. En ce qui concerne les techniques culturales, la gestion des nématodes des agrumes peut impliquer l'amélioration de la santé des sols par le biais d'une fertilisation équilibrée, d'une irrigation appropriée et de la promotion de la biodiversité des organismes du sol. Certaines pratiques, telles que l'utilisation de paillis organiques et l'application de compost de qualité, peuvent aider à réduire les populations de nématodes.

Lorsque les populations de nématodes des agrumes sont déjà présentes et causent des dommages significatifs, des méthodes de gestion spécifiques peuvent être mises en œuvre. Cela peut inclure l'utilisation d'agents de lutte biologique, tels que des nématodes prédateurs ou des

Conclusion

champignons parasitaires, qui ciblent spécifiquement les nématodes nuisibles. L'utilisation de produits chimiques nématicides peut également être envisagée, mais cela nécessite une utilisation judicieuse et responsable, en tenant compte des effets sur l'environnement et la santé humaine. En conclusion, la gestion des nématodes des agrumes est un défi constant pour les agriculteurs. Cependant, grâce à des pratiques agricoles préventives, à des techniques culturales adaptées et à l'utilisation de méthodes de gestion intégrée, il est possible de minimiser les dommages causés par ces parasites et de maintenir la santé des vergers d'agrumes. Une approche proactive et durable est essentielle pour assurer la durabilité à long terme de la production d'agrumes tout en préservant la santé des sols et de l'environnement.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

1. **ACHÉ M., 2004.** Agrumes : Comment les choisir et les cultiver facilement .Ed .INRA, Paris .210p .
2. **BLONDEL L ., 1973 .** Les port- greffes des agrumes en corse. Rev Somivac
Secto n° 68.8 p.
3. **-ITAF., 1995.** Conduite d'un verger d'agrumes. ITAF ,Algérie.
4. **-GAUTIER M., 1987.** Arbre fruitière. Volume II .les production fruitière.
2éme
Ed. Tec et Doc., 655p.
5. **.Nicolas J., 2013.** Phase exploratoire à la mise en place d'un schéma
d'approvisionnement de plants d'agrumes sains et authentiques en
Guyane.Mémoire de fin d'études. Guyane française: ISTOM .Ecole
Supérieure d'Agro-Développement International.
6. **CHIKH M ., 1987 .**Contribution à l'étude de l'influence des dates de
récoltes et
de la durée de conservation sur la germination des pépins d'agrumes. Thèse
Ing. Batna, 63p.
7. **-MIREILLE G ., 2002.**Mémento de l'agronome .Ministère des affaires
étrangères .Ed .cirad Grete, paris, France, 930p .
8. **MOREL., 1969.**le livre des arbres et arbustes et arbrisseaux. 1er Ed.512p.
9. **-AUBERT B. et VULLIN G., 1997.** Pépinière et plantation des agrumes.
Ed
.Cirad . Quae .France.184p.
- 10.**-PRALORAN J.C., 1971-**Les agrumes, techniques agricole et productions
tropicale. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 561 p.
- 11.**-LOUSSERT R., 1987a .**Les agrumes ; arboriculture .Paris : Ed Lavoisier
.Volume I, 113 P.

Références Bibliographiques

- 12.. LOUSSERT R., 1987 b** .les agrumes, l'arboriculture, Ed. Ballière, Paris 136p.
- LOUSSERT R., 1989 a .Les agrumes ; production .Paris :Ed Lavoisier .
Volume II, 125p.
- LOUSSERT., 1989 b.les agrumes, production, Ed.SCI.Univ. Vol 2, Liban, 280p.
- LOUSSERT., 1989c.les agrumes arboriculture. Ed. Technique agricoles Méditerranéennes, Paris, 113p.
- 13.-BICHE M., 2012.**les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et ennemis naturels. Algérie.35p.
- 14.Kerboua M. , 2002.** L'agrumiculture en Algérie .In : D'Onghia A.M. (ed) Djelouah K. (ed.), Roistacher C.N.(ed).Proceeding of the Mediterranean research network on certification of citrus (MNCC) :1998-2001.Bari .
- 15.:CIHEAM, pp 21-26** (Options méditerranéennes : Série B.Etudes et Recherches ; n.43)
- 16. -Golda Ndoeunice D., 2011.** Evaluation des facteurs de risque épidémiologie de la phaeoramulariose des agrumes dans les zones humides du Cameroun.Thèse de doctorat en biologie intégrative des plantes.Montpellier sup Agro.
- 17. -ROBETEZ P ., 2003.** Agrumes ; le soleil dans verres et dans les assiettes .Ed viridis. Italie. 124 p
- 18. -CHAHBAR N., 2004.** Dynamique des populations de *Phyllocnistis citrella* station 1856 (Lepidoptera- Gracillariidae) sur citrus près de Roiiba. influence des extraits foliaires et des huiles minérale sur l'ovipositeur de mineuse en

Références Bibliographiques

- pépinière. Thèse Mag. INA. El .Harrach, 179 p
- 19.Cassin 1983.** Diversification agricole et travaux de la station de recherches agronomiques de son Guiliana en corse. Colloque agrumicole du. Italie.
- 20. -Cassin 1983.** Diversification agricole et travaux de la station de recherches agronomiques de son Guiliana en corse. Colloque agrumicole du. Italie.
- 21.SAYAH H ., 2000.** Contribution à l'étude du nématode des agrumes dans la région d'EL .Taraf et Guelma. Mémoire Ing. Univers. Annaba. 68 p.
- 22. Bénédicte & Bachès M., 2011.** Agrumes comment les choisir et les cultiver facilement. Ed.Ulmer.Paris.127p
- 23.MOREL., 1969.**le livre des arbres et arbustes et arbrisseaux. 1er Ed.512p.
- 24. AUBERT B., 2004.** Pépinière et plantation des agrumes. Ed.Cirad.france.184p.
- 25. CHAHBAR N., 2004.** Dynamique des populations de *Phyllocnistis citrella* station 1856 (Lepidoptera- Gracillariidae) sur citrus près de Roiiba. influence des extraits foliaires et des huiles minérale sur l'ovipositeur de mineuse en pépinière. Thèse Mag. INA. El .Harrach, 179 p
- 26. Golda Ndoeunice D., 2011.** Evaluation des facteurs de risque épidémiologie de la phaeoramulariose des agrumes dans les zones humides du Cameroun.Thèse de doctorat en biologie intégrative des plantes.Montpellier sup Agro.
- 27.-Mutin G., 1969.** L'Algerie et ses agrumes . (Vol. 44). In : Revue de géographie de Lyon.pp 6-35

Références Bibliographiques

- 28. WALALI L., SKIREDJ A. et ELATTI H., 2003.** Transfert de la technologie en agriculture, fiche technique (bananier, la vigne et les agrumes). Ed. PNTTA. Maroc. 3p.
- 29.-LOUSSERT R ., 1985.** les agrumes arboriculture, ed. Bailliére, paris. 136 p.
- 30.-Baci L., 1995.** Les contraintes au développement du secteur des fruits et légumes en Algérie : faiblesse des rendements et opacité des marchés. In : Allaya M. (ed). Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000. Montpellier : CIHEAM , pp 265-277 (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 14)
- 31. - .Khemies F., 2013.** Inventaire des variétés locales d'arboriculture fruitière et leur biotopes respectifs dans la wilaya de Tlemcen. Thèse pour l'obtention du diplôme de Magister en Agronomie. Université Tlemcen SNV/STU .Département des Sciences Agronomiques et Forestières.
- 32. Cobb, N. A. (1913).** New nematode genera found inhabiting fresh water and non-brackish soils. Journal of the Washington Academy of Sciences 3:432-444.
- 33. Sellami S.-**département de botanique- I.N.A- Cours de nématologie- Année 2007/2008.
- 34. Vilardebo, A. et Luc M. (1961).** Le «slow decline» des citrus dû au nématode *Tylenchulus semi-penetrans* Cobb. 10.
- 35. Djian-Caporalino C., Védie H. et Arrufat A., (2009) (PDF)** Gestion des nématodes à galles: Lutte conventionnelle et luttés alternatives, L'atout des plantes pièges.

Références Bibliographiques

- ResearchGate. Consulté 29 août 2020, à l'adresse :
https://www.researchgate.net/publication/266878788_Gestion_des_nematodes_a_galles_Lutte_conventionnelle_et_luttés_alternatives_L'atout_des_plantes_pieges.
- 36. Van Gundy (1958)**, -the lifehistory of the citrus nematodes *Tylenchulus semi-penetrans* Cobb. *Nematologica*, 3,283-294.
- 37. Kellal et al. (2005)**
- 38. Reynolds H.W. et O'bannon J.H. , (1963)**. Decline of grapefruit trees in relation to Citrus nematode population s and tree recovery after chemical treatment . *Phytopath.*, vol . 53, n°9, p . 1011-1015.
- 39. Baines R.C. et al., (1958)**, -Nematode control on bearing trees. *Calif. Citrog.*, 1958, vol . 43, n°9, p . 328-329.
- 40. (Ducan et El-morshedy, 1996)**.
- 41. Khanzada, S.A., Iqbal, A., Munir, A., Burney, K., Hameed, S. et Rehman, H.U.** (2008). Incidence and distribution of citrus nematode *Tylenchulus semipenetrans* in citrus orchards of Punjab. *Pak.J. Nematol.*,4:149-199.
- 42. Timmer et al. (2003)**,
- 43. Kwaye et al. (2008)**
- 44. Mokrini, F. et F. Abbad-Andaloussi. (2011)**. Identification of *Tylenchulus*

Références Bibliographiques

semipenetrans biotype in Morocco. Integrated Control of Citrus Fruit Crop 62:65-69.

45.(CABI et EPPO, 1999 ; EPPO, 2020).

46.(Sekora et Crow, 2018).

47.(Mashela et al.,1992).

48.Kallel S. et B'Chir M.M., (2005). Détection par radiométrie d'un stress pathologique

provoqué par *Tylenchulus semipenetrans* Cobb sur Citronnier greffé sur bigaradier.

Cahiers Agricultures 14,pp.241-248.

49.(Galeano et al. 2003).

50.(Le Roux et al., 1998 ; Sorribas et al.,2003).

51.(Bourne et Kerry, 1999).

52.Verdejo-Lucas, S. (1992). On the occurrence of the "Mediterranean biotype" of

Tylenchulus semipenetrans in Spain. Fundamental and Applied Nematology 15:475-

477.

53.Verdejo-Lucas, S., Sorribas, F. J., Pons, J., Forner, J. B. and A. Alcaide. (1997).

The Mediterranean biotypes of *Tylenchulus semipenetrans* in Spanish citrus orchards.

Fundamental Applied Nematology 20:399-404.

54.(Hammam et al.,2016).

Références Bibliographiques

- 55. Maachou H.**, 2013- Contribution à l'étude de la toxicité de deux types de formulations d'extraits aqueux d'*Urtica dioica* sur les larves des Nématodes de Citrus
- 56. Tylenchulus semipenetrans (Nematoda - Tylenchulidae).**Projet de Fin d'Etude Master2, Science de la nature et de vie, Phytopharmacie appliquée, Départ. Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Agro-Vétérinaires et Biologiques, Université Saad Dahleb de Blida, 58p.
- 57. Williamson VM & Gleason CA (2003).** Plant-nematode interactions. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6: 327-333
- 59. Yan et al 1998.** , Smant G, Stokkermans J, Qin L, Helder J, Baum T, Schots A and Davis E (1998). Genomic organization of four beta-1,4-endoglucanase genes in plant-parasitic cyst nematodes and its evolutionary implications. *Gene* 220: 61- 70.
- 60. Popeijus et al., 2000 ;** , Overmars H, Jones J, Blok V, Govers A, Helder J, Schots A, Bakker J and Smant G (2000). Degradation of plant cell walls by a nematode. *Nature* 406: 36–37.
- 61. Veronico P, Jones J, Di Vito M and De Giorgi C, (2001).** Horizontal transfer of a bacterial gene involved in polyglutamate biosynthesis to the plant-parasitic nematode *Meloidogyne artiellia*. *FEBS Lett.* 508: 470-474.
- 62. Jaubert et al., 2002 Jaubert S, Laffaire JB, Abad P and Rosso MN (2002).** A polygalacturonase of animal origin isolated from the rootknot nematode *Meloidogyne incognita*. *FEBS Lett.* 522: 109-112. ;
- 63. Bird et al., 2003;** Bird DM, Opperman CH and Davies KG (2003). Interactions between bacteria and plant-parasitic nematodes: now and then. *Int. J. Parasitol.* 33: 1269-1276.

Références Bibliographiques

64. Abad *et al.*, 2008 ; Abad P, Gouzy J, Aury JM, Castagnone-Sereno P, Danchin EG, Deleury E, Perfus-Barbeoch L, Anthouard V, Artiguenave F, Blok VC, Caillaud MC, Coutinho PM, Dasilva C, De Luca F, Deau F, Esquibet M, Flutre T, Goldstone JV, Hamamouch N, Hewezi T, Jaillon O, Jubin C, Leonetti P, Magliano M, Maier TR, Markov GV, McVeigh P, Pesole G, Poulain J, Robinson-Rechavi M, Sallet E, Ségurens B, Steinbach D, Tytgat T, Ugarte E, van Ghelder C, Veronico P, Baum TJ, Blaxter M, Bleve-Zacheo T, Davis EL, Ewbank JJ, Favery B, Grenier E, Henrissat B, Jones JT, Laudet V, Maule AG, Quesneville H, Rosso MN, Schiex T, Smant G, Weissenbach J and Wincker P (2008). Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. *Nat. Biotechnol.* 26: 909-9015.

65. Williamson VM & Gleason CA (2003). Plant-nematode interactions. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6: 327-333.

66. (Huang, 1985 Huang CS (1985). Formation, anatomy and physiology of giant cells induced by root-knot nematodes. In: Sasser JN & Carter CC (Eds.) *An Advanced Treatise on Meloidogyne*. Vol. 1, North Carolina State University Graphics, pp. 155-164.

67. Sijmons *et al.*, 1991). Sijmons PC, Grundler FMW, von Mende N, Burrows PR and Wyss U (1991). *Arabidopsis thaliana* as a new model host for plant-parasitic nematodes. *Plant J.* 1: 245-254.

68. (Stewart *et al.*, 1993; Stewart GR, Perry RN and Wright DJ, (1993). Studies on the amphid specific glycoprotein gp32 in different life cycle stages of *Meloidogyne* species. *Parasitology* 107: 573–578.

69. Perry & Maul 2004). • Perry RN & Maule AG (2004). Physiological and biochemical basis of nematode behaviour. In: Gaugler R & Bilgrami A (Eds.) *Nematode behaviour*. CAB International, Wallingford, pp. 197-236.

Références Bibliographiques

- 70.(Qin et al., 1994** • Qin XF, Holuigue L, Horvath DM and Chua NH (1994). Immediate early transcription activation by salicylic acid via the cauliflower mosaic virus as-1 element. *Plant Cell* 6: 863-874.
- 71.Sijmons et al., 1994** ; Sijmons PC, Cardol EF and Goddijn OJM (1994). Gene activities in nematode-induced feeding structures. In: Daniels MJ, Downie JA and Osbourn AE (Eds.) *Advances in Molecular Genetics of Plant-Microbe Interactions*. 3th edition, Kluwer academic publishers, pp. 333-38.
- 72. Puthoff et al., 2003** • Puthoff DP, Nettleson D, Rodermel SR and Baum TJ (2003). *Arabidopsis* gene expression changes during cyst nematode parasitism revealed by statistical analyses of microarray expression profile. *Plant J.* 33: 911-921.
- 73.Gheysen & Fenoll, 2002** ; Gheysen G & Fenoll C (2002). Gene expression in nematode feeding sites. *Annu. Rev. Phytopathology* 40: 191-219.
- 74. Smant & Jones, 2011** • Smant G & Jones J (2011). Suppression of plant defenses by nematodes. In: Jones J, Gheysen G and Fenoll C (eds.) *Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions*. Springer, Berlin, pp. 273-283.
- 75(Goddijn et al., 1993** ; • Goddijn OJ, Lindsey K, van der Lee FM, Klap JC and Sijmons PC (1993). Differential gene expression in nematode-induced feeding structures of transgenic plants harbouring promoter-gusA fusion constructs. *Plant J.* 4: 863-873.
- 76. Niebel et al., 1996** ; Niebel A, de Almeida Engler J, Hemerly A, Ferreira P, Inzé D, Van Montagu M and **Gheysen G (1996)**. Induction of *cdc2a* and *cycl1At* expression in *Arabidopsis thaliana* during early phases of nematode-induced feeding cell formation. *Plant J.* 10: 1037-1043.
- 77.Barthels et al., 1997** ; Barthels N, van der Lee FM, Klap J, Goddijn OJ, Karimi M, Puzio P, Grundler FM, Ohl SA, Lindsey K, Robertson L, Robertson WM, Van Montagu M, Gheysen G and Sijmons PC (1997). Regulatory sequences of

Références Bibliographiques

Arabidopsis drive reporter gene expression in nematode feeding structures. *Plant Cell* 9: 2119-2134

78. **Favery et al., 1998** ; Favery B, Lecomte P, Gil N, Bechtold N, Bouchez D, Dalmaso A, and Abad P (1998). RPE, a plant gene involved in early developmental steps of nematode feeding cells. *EMBO J.* 17, 6799-6811.

79. **Goverse et al., 1998** ; Goverse A, Bieshieuvel J, Wijers GJ, Gommers FJ, Bakker J, Schots A and Helder J (1998). In planta monitoring of the activity of two constitutive promoters, CaMV 35S and TR20, in developing feeding cells induced by *Globodera rostochiensis* using green fluorescent protein in combination with confocal laser scanning microscopy. *Phys. Mol. Plant Path.* 52: 275-284

80. **Puzio et al., 2000** ; Puzio PS, Lausen J, Heinen P and Grundler FMW (2000). Promoter analysis of *pyk20*, a gene from *Arabidopsis thaliana*. *Plant Sci.* 157: 245-255.

81. **Goellner et al., 2001** ; Goellner M, Wang X and Davis EL (2001). Endo- β -1,4-glucanase expression in compatible plant-nematode interaction. *Plant Cell* 13: 2241-2255.

82. **Escobar et al., 2003** ; • Escobar C, Barcala M, Portillo M, Almoguera C, Jordano J and Fenoll C (2003). Induction of the *Hahsp17.7G4* promoter by root knot nematodes: involvement of heat-shock elements in promoter activity in giant cells. *Mol. Plant Microbe Interact.* 16: 1062-1068.

83. **Jammes et al.** (2005) Jammes F, Lecomte P, de Almeida-Engler J, Bitton F, Martin-Magniette ML, Renou JP, Abad P and Favery B (2005). Genome-wide expression profiling of the host response to root-knot nematode infection in *Arabidopsis*. *Plant J.* 44: 447-58.

84. **Barcala et al. (2010)** Barcala M, Garcia A, Cabrera J, Casson S, Lindsey K, Favery B, Garcia-Casado G, Solano R, Fenoll C and Escobar C (2010). Early

Références Bibliographiques

transcriptomic events in microdissected *Arabidopsis* nematode-induced giant cells. *Plant J.* 61: 698- 712.

85.Mazarei et al, 2003). Mazarei M, Lennon KA, Puthoff DP, Rodermel SR and Baum TJ (2003). Expression of an *Arabidopsis* phosphoglycerate mutase homologue is localized to apical meristems, regulated by hormones, and induced by sedentary plant-parasitic nematodes. *Plant Mol. Biol.* 53: 513-530.

86.(Rubinstein & Owens, 1964; Rubinstein JH & Owens RG (1964). Thymidine and uridine incorporation in relation to the ontogeny of root-knot syncytia. *Contrib. Boyce Thompson Inst.* 22: 491-502.

87. Rohde & McClure, 1975; Rohde RA & McClure MA (1975). Autoradiography of developing syncytia in cotton roots infected with *Meloidogyne incognita*. *J. Nematol.* 7: 64-69.

88.de Almeida Engler et al., 1999). de Almeida Engler J, De Vleeschauwer V, Burssens S, Celenza JL Jr, Inzé D, Van Montagu M, Engler G and Gheysen G (1999). Molecular markers and cell cycle inhibitors show the importance of cell cycle progression in nematodeinduced galls and syncytia. *Plant Cell* 11: 793-807.

89.De Veylder et al., 2011). De Veylder L, Larkin JC and Schnittger A, (2011). Molecular control and function of endoreduplication in development and physiology. *Trends Plant Sci.* 16: 1360-1385.

90.(Cebolla et al., 1999 ; Cebolla A, Vinardell JM, Kiss E, Olah B, Roudier F, Kondorosi A and Kondorosi E (1999). The mitotic inhibitor *ccs52* is required for endoreduplication and ploidy-dependent cell enlargement in plants. *EMBO J.* 18: 4476-4484.

91.Vlieghe et al., 2005). Vlieghe K, Boudolf V, Beemster GTS, Maes S, Magyar Z, Atanassova A, de Almeida Engler J, de Groot R, Inzé D and De Veylder L (2005). The DP-E2F-like gene *DEL1* controls the endocycle in *Arabidopsis thaliana*. *Curr. Biol.* 15: 59–63.

Références Bibliographiques

92.Lammens et al., 2008 ; Lammens T, Boudolf V, Kheibarshekan L, Zalmas LB, Gaamouche T, Maes S, Vanstraelen M, Kondorosi E, La Thanque NB, Govaerts W, Inzé D and De Veylder L (2008). Atypical E2F activity restrains APC/CCCS52A2function obligatory for endocycle onset. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 105: 14721-14726.

93.de Almeida Engler et al., 2012) de Almeida Engler J, Kyndt T, Vieira O, Van Cappelle E, Boudolf V, Sanchez V, Escobar C, De Veylder L, Engler G, Abad P and Gheysen G (2012). CCS52 and DEL1 genes are key components of the endocycle in nematode-induced feeding sites. Plant J. 72: 185-198

94.(De Waele & David, 1998). De Waele D & David RG (1998). Nématodes à galles des bananiers et plantains. Parasites et ravageurs des Musa : fiche technique n° 3. INIBAP. Réseau international pour l'amélioration de la banane et de la banane plantain, Montpellier, France, pp. 1-4

95.(Johnson, 1982; Johnson AW (1982). Managing nematode populations in crop production. In: Riggs RD (ed.) Nematology in the southern region of the United States, University of Arkansas, pp. 193-203.

96.Raymundo, 1985), Raymundo SA (1985). Cropping systems research and root-knot nematode control. In: Sasser JN and Carter CC (eds.) An Advanced Treatise on Meloidogyne. Vol. I: Biology and Control. North Carolina State University Graphics, pp. 277-281.

97.(Kanwar & Bhatti, 1993). Kanwar RS & Bhatti DS (1993). Management of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) by poor host crops in three crop rotations. Int.J. Pest Manage. 39: 304-308.

98.(Overman, 1964 ; Overman AJ (1964). The effect of temperature and flooding on nematode survival in fallow sandy soil. Soil Crop Sci. Soc. Fl. 34: 197-200.

Références Bibliographiques

99.Rhoades, 1982 ; • Rhoades HL (1982). Effect of temperature on survival of *Meloidogyne incognita* in flooded and fallow muck soil. *Nematropica* 12: 33-37.

100.Johnson & Fassuliotis, 1984). Johnson AW & Fassuliotis G (1984). Nematode parasites of vegetable crops. In: Nickle WR (ed.) *Plant and Insect Nematodes*. Marcel Dekker Inc., New York, pp. 323-372.

101.Badra et al., 1979 ; Muller et Gooch, 1982 ; Rhoades et Forbes, 1986 ; Rodriguez-Kabana et Morgan-Jones , 1987). Jones MGK & Dropkin VH, (1976). Scanning electron microscopy of nematode-induced giant transfer cells. *Cytobios*. 15: 149-161.

102.(Guet, 1999). Guet G (1999). *Mémento d'agriculture biologique, guide pratique à usage professionnel*. Editions Agridécisions, Groupe France agricole, Paris, France, pp. 189-192.

103.(Braga et al., 2001). Braga R, Labrada R, Fornasari L and Fratini N (2001). Des alternatives au bromure de méthyle pour la fumigation du sol. Manuel de formation pour les vulgarisations et les paysans. Unité Energie et Action de l'ozone. Programme des Nations Unies pour l'environnement. Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation. Rome, pp. 59-60.

104.(Stirling, 1991 ; • Stirling GR (1991). *Biological control of plant-parasitic nematodes*. Wallingford, UK, CAB International. 282 pp

105.Davies & Spiegel, 2011). • Davies KG & Spiegel Y (2011). Biological control of plant-parasitic nematodes: towards understanding field variation through molecular mechanisms. In: Jones J., Gheysen G. and Fenoll C. (Eds.) *Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions*. Springer publishers, pp. 493-509

106.(Jatala et al., 1979; Jatala P, Kaltenbach R and Bocangel M (1979). Biological control of *Meloidogyne incognita acrita* and *Globodera pallida* on potatoes. *J. Nematol.* 11: 303.

Références Bibliographiques

- 107.Cayrol et al., 1992;** Cayrol JC, Djian-Caporalino C and Panchaud-Mattei E (1992). La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. Courrier de la Cellule Environnement de l'INRA 17: 31-44.
- 108.Kiewnick & Sikora, 2006)** • Kiewnick S & Sikora RA (2006). Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* strain 251. Biol. Control 38: 179-187.
- 109.Godoy et al., 1983a;** Godoy G, Rodriguez-Käbana R and Morgan-Jones G (1983a). Fungal parasites of *Meloidogyne arenaria* eggs in an Alabama soil. A mycological survey and greenhouse studies. Nematropica 13: 201-213.
- 110. Kerry et al., 1984 ;** Kerry BR, Simon A and Rovira AD (1984). Observations on the introduction of *Verticilliumchlamydosporium* and other parasitic fungi into soil for control of the cereal cyst-nematode *Heterodera avenae*. Ann. Appl. Biol. 104: 509-516.
- 111.Rodriguez-Kabana et al. 1984 ;** Rodriguez-Käbana R, Morgan-Jones G, Godoy G and Gintis BO (1984). Effectiveness of species of *Gliocladium*, *Paecilomyces*, and *Verticillium* for control of *Meloidogyne arenaria* in field soil. Nematotropica 14: 155-170.
- 112.Kerry & Deleu, 1991 ;** Kerry BR & Deleu F (1991). New nematocidal strain of *Verticillium chlamydosporium* for control of *Meloidogyne* spp., well maintained in soil without damage to plants. Brevet WO9101642 (A1).
- 113.de Leij et al., 1993).** deLeij FAAM, Kerry BR and Dennehy JA (1993). *Verticillium chlamydosporium* as a biological control agent for *Meloidogyne incognita* and *M. hapla* in pot and micro-plot tests. Nematologica 39: 115-126
- 114.Stirling (1985),** • Stirling GR (1985). Host specificity of *Pasteuria penetrans* within the genus *Meloidogyne*. Nematologica 31: 203- 209.

Références Bibliographiques

- 115. Sturhan (1988), • Sturhan D (1988).** New host and geographical records of nematode parasitic bacteria of the *Pasteuriapenetrans* group. *Nematologica* 34: 350-356.
- 116. Bird & Brisbane (1989) Bird AF & Brisbane PG (1988).** The influence of *Pasteuria penetrans* in field soils on the reproduction of root-knot nematodes. *Revue Nématol.* 11: 75-81.
- 117. (McSorley, 1999 ; McSorley R (1999).** Host suitability of potential cover crops for root-knot nematodes. *J. Nematol.* 31: 619-623.
- 118. Ploeg, 1999 ; 2002) Ploeg AT (1999).** Greenhouse studies on the effect of marigolds (*Tagetes* spp.) on four *Meloidogyne* species. *J. Nematol.* 31: 62-69.
- 119. ([http://www.fao.org/docrep/V9978E/v9978e08 .htm](http://www.fao.org/docrep/V9978E/v9978e08.htm)).**
- 120. Hague & Gowen, 1987; • Hague NGM & Gowen SR (1987).** Chemical control of nematodes. In: Brown RH and Kerry BR (eds.) *Principles and Practice of Nematode Control*. Academic Press, New York, pp. 131-173.
- 121. Noling & Becker, 1994) Noling JW & Becker JO (1994).** The challenge of research and extension to define and implement alternatives to methyl bromide. *J. Nematol.* 26: 573-586
- 122. Hutchinson et al., 1999) Hutchinson CM, McGiffen ME J, Ohr HD, Sims JJ and Becker JO (1999).** Evaluation of methyl iodide as a soil fumigant for root-knot nematode control in carrot production. *Plant Dis.* 83: 33–36.
- 123. (Mian et al., 1982) Mian IH, Godoy G, Shelby RA, Rodriguez-Kabana R and Morgan-Jones G (1982).** Chitin amendments for control of *Meloidogyne arenaria* in infested soil. *Nematropica* 12: 71-84.
- 124. Godoy et al. ., 1983b ; Godoy G, Rodriguez-Kabana R, Shelby RA and Morgan-Jones G (1983b).** Chitin amendments for control of *Meloidogyne*

Références Bibliographiques

arenaria in infested soil. II. Effects on microbial opulation. *Nematropica* 13: 63-74

125.Rodriguez-Kabana et al., 1987Rodriguez-Käbana R & Morgan-Jones G (1987). Biological control of nematode: Soil amendmets and microbial antagonists. *Plant Soil* 100: 237-247

126.Sarathchandra et al., 1996), Sarathchandra SU, Watson RN, Cox NR, di Menna ME, Brown JA, Burch G and Neville FJ (1996). Effects of chitin amendment of soil on microorganisms, nematodes and growth of white clover (*Trifolium repens* L.) and (*Lolium perenne* L.). *Biol. Fertil. Soils* 22: 221-226.

127.Noling & Becker, 1994) ; • Noling JW & Becker JO (1994). The challenge of research and extension to define and implement alternatives to methyl bromide. *J. Nematol.* 26: 573-586.

128.Mojtahedi et al., 1991 ; Mojtahedi H, Santo GS and Pinkerton JN (1991). Efficacy of ethoprop on *Meloidogyne hapla* and *M. chitwoodi* and enhanced biodegradation in soil. *J.Nemat.* 23: 372-379.

129.Stirling et al., 1992) Stirling AM, Stirling GR and Macrae IC (1992). Microbial degradation of fenamiphos after repeated application to a tomato-growing soil. *Nematologica* 38: 245-254.

130.(Riggs & Winstead, 1959 ; Riggs RD & Winstead NN (1959). Studies on resistance in tomato to root-knot nematodes and on the occurrence of pathogenic biotypes. *Phytopathology* 49: 716-724.

131.Roberts, 1982; Roberts PA (1992). Current status of the availability, development, and use of host plant resistance to nematodes. *J. Nematol.* 24: 213-227

Références Bibliographiques

132.Cook & Evans, 1987 ; Cook R & Evans K (1987). Resistance and tolerance. In: Brown RH & Kerry BR (eds.) Principles and practice of nematode control in crops. Academic Press, New York, pp. 179-221.

133.Omwega et al., 1990 ; • Omwega CO, Thomason IJ and Roberts PA (1990). Effect of temperature on expression of resistance to *Meloidogyne* spp. in common bean (*Phaseolus vulgaris*). J. Nematol. 22: 446-451.

134.Mullin et al., 1991 ; Mullin BA, Abawi GS and Pastor-Corrales MA (1991). Modification of resistance expression of *Phaseolus vulgaris* to *Meloidogyne incognita* by elevated soil temperatures. J. Nematol. 23: 182-187.

135.Young, 1992 ; Young LD (1992). Problems and strategies associated with long-term use of nematode resistant cultivars. J. Nemat. 24: 228-233.

136.Opperman et al., 1994) Opperman CH, Taylor CG and Conkling MA (1994). Root-knot nematode directed expression of a plant rootspecific gene. Science 263: 221-223.

137.(McKenry, 1987 ; • McKenry MV (1987). Control strategies in high value crops. In: Brown RH & Kerry BR (eds.) Principles and practice of nematode control in crops. Academic Press, New York, pp. 329-349.

138.Barker, 1991; • Barker KR (1991). Rotation and cropping systems for nematode control: The North Carolina experienceIntroduction. J. Nematol. 23: 342-343.

139.Rodriguez-Kabana, 1992) Rodriguez-Käbana R (1992). Cropping systems for the management of phytonematodes. In: Gommers F J & Maas PWT (eds.) Nematology from molecule to ecosystem. Invergowrie, Dundee, Scotland: European Society of Nematologists, pp. 219-233.

Références Bibliographiques

- 140.Rammah & Hirschmann, 1988** ; Rammah A & Hirschmann H (1988). *Meloidogyne mayaguensis* n.sp. (Meloidogynidae), a root-knot nematode from Puerto Rico. *J. Nematol.* 20: 58-69.
- 141.Handoo et al., 2004)** Handoo ZA, Nyczepir AP, Esmenjaud D, van der Beek JG, Castagnone-Sereno P, Carta LK, Skantar AM and Higgins JA (2004). Morphological, molecular, and differential host characterization of *Meloidogyne floridensis* n. sp (Nematoda: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing peach in Florida. *J. Nematol.* 36: 20-35.
- 142.Bridge, 1987;** • Bridge J (1987). Control strategies in subsistence agriculture. In: Brown RH & Kerry BR (eds.) *Principles and Practice of Nematode Control in Crops.* Academic Press, New York, pp. 389-420
- 143.Sikora, 1988** ; Sikora RA (1988). Interrelationship between plant health promoting rhizobacteria, plant parasitic nematodes and soil microorganisms. *Comm. Agr. Appl. Biol. Sci.* 53: 867-878.
- 144.(Cobb, 1913).** Cobb NA (1919). The orders and classes of nemas. *Contrib. Sci. Nematol.* 8: 213-216.
- 145.Djian-Caporalino, 2009).** Djian-Caporalino C, Pijarowski L, Fazari A, Samson M, Gaveau L, O'Byrne C, Lefebvre V, Caranta C, Palloix A and Abad P (2001). High-resolution genetic mapping of the pepper (*Capsicum annuum* L.) resistance loci Me3 and Me4 conferring heat-stable resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). *Theor. Appl. Genet.* 103: 592-600.
- 146.Cobb, 1913** ; Cobb NA (1919). The orders and classes of nemas. *Contrib. Sci. Nematol.* 8: 213-216
- 147.(Sasser & Carter, 1985)**Sasser JN & Carter CC (1985). *An Advanced Treatise on Meloidogyne.* Vol. I: Biology and Control. North Carolina State University Graphics, pp. 19-23.

Références Bibliographiques

148.(Belair, 2005). Bélair G (2005). Les nématodes, ces anguillules qui font suer les plantes par la racine. *Phytoprotection* 86: 65-69.

149.(Eisenback & Triantaphyllou, 1991) Eisenback JD & Triantaphyllou HH (1991). Root-knot Nematodes: Meloidogyne species and races. In: Nickle WR (ed). *Manual of Agricultural Nematology*. Marcel Dekker Inc., New York, pp. 281-286.

150.(Coyne *et al.*, 2010). Coyne DL, Nicol JM et Claudius-Cole B (2010). Les nématodes des plantes: Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire. Secrétariat SP-IPM, Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Cotonou, Benin, pp. 3-9. Edition traduit par Quénéhervé P.

(Perry & Moens, 2006). Perry RN & Moens M (2006). *Plant nematology*. CABI Publishing, pp. 4-27.

151.3 Sikora & Fernandez, 2005) Sikora RA & Fernandez E (2005). Nematode parasites of vegetables. In: Luc M, Sikora RA and Bridge J, (Eds.) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CABI Publishing, pp. 319-371.

152.(Treub, 1885;

153.Chitwood, 1949

154.Hunt et al., (2005)

<http://nematode.unl.edu/mjav.htm>

155. (Guiran & Netscher, 1970)

www.cabi.org/isc/?compid=5&dsid=33246&loadmodule=datasheet&page=481&site=144

156.Triantaphyllou (1985); Triantophyllou AC (1985). Cytogenetics, cytotaxonomy and phylogeny of root-knot nematodes. In: Sasser JN & Carter CC (Eds.) *An advanced treatise on Meloidogyne*. Vol. I, Biology and control, North

Références Bibliographiques

Carolina State University Graphics, pp: 113-126. Chitwood et Perry (2010) Chitwood DJ & Perry RN (2010). Reproduction, physiology and biochemistry. In: Perry RN, Moens M, and Starr JL (Eds.) Root-Knot nematodes. 1st edition, CABI publishing, pp. 182-194.

157.(Triantaphyllou, 1966 ; Triantaphyllou AC (1966). Polyploidy and reproductive patterns in the root-knot nematode *Meloidogyne hapla*. J. Morphol. 118: 403-413.

158.Perry & Moens, 2011). Perry RN & Moens M (2011). Introduction to plant-parasitic nematodes; modes of parasitism. In: Jones J, Gheysen L and Fenoll C (eds.) Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London and New York, pp. 3-17.

159.Sasser & Carter, 1985 ; Sasser JN & Carter CC (1985). An Advanced Treatise on *Meloidogyne*. Vol. I: Biology and Control. North Carolina State University Graphics, pp. 19-23.

160.(Dirk & Romulo, 1998). Dirk DW & Romulo GD (1998). Parasites et ravageurs des Musa - Nématodes à galle des bananiers et plantains. Fiche technique n°3.

161.(Gaur et al., 2000 ; Gaur HS, Beane J and Perry RN (2000). The influence of root diffusate, host age and water regimes on hatching of the root-knot nematode *Meloidogyne triticoryzae*. Nematology 2: 191-199.

162.Perry & Wesemael, 2008) Perry RN & Wesemael WML (2008). Host plant effects on hatching of root-knot nematodes. Russ. J. Nematol. 16: 1-5.

163.Perry, 2002). Perry RN (2002). Hatching. In: Lee DL (ed.) The biology of nematodes. Taylor & Francis, London (UK) and New York (USA), pp. 147-169.

164.(Weischer, 1959 ; Weischer B (1959). Experimentelle Untersuchungen über die Wanderung von Nematoden. Nematologica 4: 172-

Références Bibliographiques

- 165.(Dropkin et al., 1958 ; Dropkin VH, Martin GC & Johnson RW (1958).** Effect of osmotic concentration on hatching of some plant parasitic nematodes. *Nematologica* 3: 115-126.
- 166.Ibrahim & Hollis, 1967 ; Ibrahim IKA & Hollis JP (1967).** Nematode orientation mechanisms. I. A method for determination. *Phytopathology* 57: 816.
- 167. Evans, 1969) Evans K (1969).** Apparatus for measuring nematode movement. *Nematologica* 15: 433-435
- 168.(Wallace, 1961 ; Wallace HR (1961).** The orientation of *Ditylenchus dipsaci* to physical stimuli. *Nematologica* 6: 222-236.
- 169.El-sherif & Mai, 1969 ; El-sherif M & Mai WF (1969).** Thermotactic response of some plant parasitic nematodes. *J. Nematol.* 1: 43-48.
- 170.Rode, 1969 ; 1970) Rode H (1969).** Über Verhalten und Reaktionsempfindlichkeit. Von Larven des Kartoffelnematoden gegenüber thermischen Reizgefällen im überoptimalen Temperaturbereich. *Nematologica* 15: 510-524.
- 171.(Johnson & Viglierchio, 1961; Johnson RN & Viglierchio DR (1961).** The accumulation of plant parasitic nematode larvae around carbon dioxide and oxygen. *Proc. helminth. Soc. Wash.* 28: 171-174.
- Edmunds & Mai, 1967; Edmunds JE & Mai WF (1967). Effect of *Fusarium oxysporum* on movement of *Pratylenchus penetrans* toward alfalfa roots. *Phytopathology* 57: 468-471
- 172.Croll & Viglierchio, 1969; Croll NA & Viglierchio DR (1969).** Reversible inhibition of chemosensitivity in a phytoparasitic nematode. *J. Parasitol.* 55: 895-896.

Références Bibliographiques

173.Klingler, 1972) Klingler J (1972). The effect of single and combined heat and CO₂ stimuli at different ambient temperatures on the behavior of two plant-parasitic nematodes. *J. Nematol.* 4: 95-10.

174.(Spence et al. 2009 ; revue par Perry & Moens, 2011). Spence KO, Lewis EE and Perry RN (2009). Host-finding and invasion by entomopathogenic and plant-parasitic nematodes: evaluating the ability of laboratory bioassays to predict field results. *J. Nematol.* 40: 93-98.(β -1,4-endoglucanase; Smant *et al.*, 1998 ;

175.Yan et al., 1998 ; Yan Y, Smant G, Stokkermans J, Qin L, Helder J, Baum T, Schots A and Davis E (1998). Genomic organization of four beta-1,4-endoglucanase genes in plant-parasitic cyst nematodes and its evolutionary implications. *Gene* 220: 61- 70.

176.Rosso et al., 1999 ; Rosso MN, Favery B, Piotte C, Arthaud L, De Boer JM, Hussey RS, Bakker J, Baum TJ and Abad P, (1999). Isolation of a cDNA encoding a β -1,4-endoglucanase in the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and expression analysis during plant parasitism. *Mol. Plant Microbe Interact.* 12: 585-591.

177. Goellner et al., 2000) Goellner M, Smant G, De Boer JM, Baum TJ and Davis EL (2000). Isolation of β -1,4-endoglucanase genes from *Globodera tabacum* and their expression during parasitism. *J. Nematol.* 32: 154-165.

178. Popeijus et al., 2000 Popeijus H, Overmars H, Jones J, Blok V, Goverse A, Helder J, Schots A, Bakker J and Smant G (2000). Degradation of plant cell walls by a nematode. *Nature* 406: 36–37.

179.Mitreva- Dautova et al., 2006) Mitreva-Dautova M, Roze E, Overmars H, de Graaff L, Schots A, Helder J, Goverse A, Bakker J and Smant G (2006). A symbiont-independent endo-1,4-beta-xylanase from the plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. *Mol. Plant Microbe Interact.* 19: 521-529.

Références Bibliographiques

180. Jaubert *et al.*, 2002(revue par Davis *et al.* 2000; Jaubert S, Laffaire JB, Abad P and Rosso MN (2002). A polygalacturonase of animal origin isolated from the root knot nematode *Meloidogyne incognita*. FEBS Lett. 522: 109-112.

181. Gheysen & Jones 2006 Gheysen L & Jones JT (2006). Molecular aspects of plant-nematode interactions. In: Perry RN, Moens M (Eds.) Plant nematology. CABI Publishing, Wallingford, pp. 234-254.

182. (Lambert *et al.*, 1999 ; Lambert KN, Allen KD and Sussex IM (1999). Cloning and characterization of an esophageal-gland-specific chorismate mutase from the phytoparasitic nematode *Meloidogyne javanica*. Mol. Plant-Microbe Interact. 12: 328–336.

183. Doyle & Lambert, 2003 ; Doyle EA & Lambert KN (2003). *Meloidogyne javanica* chorismate mutase 1 alters plant cell development. Mol. Plant Microbe Interact. 16: 123-131.

184. Vanholme *et al.*, 2009). Vanholme B, Kast P, Haegeman A, Jacob J, Grunewald W and Gheysen G (2009). Structural and functional investigation of a secreted chorismate mutase from the plant-parasitic nematode *Heterodera schachtii* in the context of related enzymes from diverse origins. Mol. Plant Pathol. 10:

189-200.

Liens :

- 1- <https://www.cabi.org/isc/datasheet/40831>
- 2- [.\(http://www.fao.org/docrep/V9978E/v9978e08 .htm\).](http://www.fao.org/docrep/V9978E/v9978e08.htm)
- 3-
- 4- <http://nematode.unl.edu/mjav.htm>
- 5-
- 6- [\(www.cabi.org/isc/?compid=5&dsid=33246&loadmodule=datasheet&page=481&site=144\)](http://www.cabi.org/isc/?compid=5&dsid=33246&loadmodule=datasheet&page=481&site=144)