

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DE SAAD DAHLEB - BLIDA 1

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DÉPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master II Académique
en sciences de la nature et de la vie

Spécialité : Phytopharmacie appliquée

THEME

Etude comparative de quelques types de fumier sur les infestations
de plants de tomate par les nématodes à galles « *Meloidogyne* »

Présenté par :

M^{elle} TIFOURA Fatima

Devant les membres de jury composé de :

M^{elle} SABRI K.	M.A.A	U.S.D.B.1	Présidente
Mme NEBIH D.	M.C.B	U.S.D.B.1	Promotrice
Mme SAFFIDINE F.	Doctorante	U.S.D.B.1	Co-promotrice
Mme OUANIGHI H.	M.A.A	U.S.D.B.1	Examinatrice

Blida 2014 - 2015.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier avant tout ﷻ le tout puissant de m'avoir accordé la force et la patience pour accomplir ce modeste travail.

Ma profonde gratitude s'adresse tout d'abord à :

M^{me} NEBIH D. pour avoir accepté de m'encadrer et de diriger ce travail.

Ma profonde gratitude va également à M^{me} SAFIDDINE F. de bien vouloir guider mon travail.

Ma reconnaissance va également à M^{me} SABRI K. pour l'honneur qu'elle me fait d'accepter la présidence du jury de ce mémoire.

J'adresse mes vifs remerciements à M^{me} OUANIGHI H. qui a bien voulu faire partie de mon jury.

Ma profonde gratitude va également à M^{lle} Amina, technicienne du laboratoire de Zoologie pour sa disponibilité et pour le temps consacré.

Ma profonde gratitude va également à Mr Walid technicien du laboratoire de virologie pour sa disponibilité et pour le temps consacré.

J'exprime également mes remerciements à tous les enseignants du département de l'Agronomie, et toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mon père que dieu offre à ton âme le paradis.

A ma mère ma fierté et mon courage.

A mes sœurs : Nezha, Zahia, Meriem.

A mes frères : Mohammed El Hadi, Hichem, Ammar.

A toutes les personnes que j'aime.

A tous mes amis fidèles: Naïma, Aïcha, Salima, Faïza,

Kaltoum, Wissam, Nihad.

A tous mes camarades de la promotion.

Etude comparative de quelques types de fumier sur les infestations de plants de tomate par les nématodes à galles « *Meloidogyne* ».

RÉSUMÉ

En Algérie, le problème des nématodes à galles reste un facteur limitant pour la production des cultures maraîchères dont les Solanacées (tomate, aubergine, poivron, etc.). La lutte chimique par utilisation de nématicides est la méthode la plus utilisée contre ces ravageurs. Pour trouver un substitut à cette méthode très coûteuse et qui pollue l'environnement, notre expérimentation a pour but d'évaluer d'une part l'effet de fumiers des camelins, des chevaux, et des caprins dans la régulation des nématodes à galles (*Meloidogyne*) et d'autre part l'effet biofertilisant sur le développement des plants de tomate var. *Marmande*.

Les fumiers testés ont été appliqués comme des amendements organiques sous forme sec incorporés au sol à la dose D_1 , et demi-dose D_2 , les essais ont été menés dans des pots plastiques sous serre.

Les résultats obtenus ont révélé que tous les traitements ont dévoilé d'une part une activité nématicide vis-à-vis les *Meloidogyne* et un potentiel biofertilisant important pour les plants de la tomate. Toutefois, la toxicité et l'effet stimulant varient en fonction de type de fumier testé et les concentrations utilisés.

Mots clés : Fumier, Camelins, chevaux, Caprins, *Meloidogynespp*, tomate.

Comparative study of some types of manure on the infestations of tomato seedlings by the nematodes in “*Meloidogyn*” Root-knot.

SUMMARY

In Algeria, the problem of the nematodes in Wales remains a factor limiting for the production of the market gardenings of which the Solanaceous ones (tomato, eggplant, sweet pepper, etc). The chemical fight by use of nématocides is the method most used against these ravageurs. To find a substitute with this very expensive method and which pollutes the environment, our experimentation is to evaluate on the one hand the effect of manures of camelines, the horses, and caprines in the regulation of the nematodes in Root-knot(*Meloidogyn*) and on the other hand the biofertilisant effect on the development of the tomato VAr seedlings. *Marmande*.

The manures tested were applied like organic soil conditioners in form dryness incorporated on the ground with the D1 amount, and D2 half-amount, the tests were carried out in plastic pots under greenhouse.

The results obtained revealed that all the treatments revealed on the one hand a nématocide activity opposite the *Meloidogyn* one and important potential biofertilisant for the seedlings of tomato. However, toxicity and the stimulating effect vary according to type of manure tested and the concentrations used.

Key words: Manure, Camelines, horses, Caprine, *Meloidogynespp*, tomato.

مقارنة تأثير بعض أنواع الأسمدة الحيوية على إصابة نباتات الطماطم بالديدان الخيطية ذات العقد

Meloidogyne

ملخص

فيالجزائر مشكلالديدان الخيطية ذاتالعقد *Meloidogyne* تبقوالعاملامحدد لإنتاجالمحاصيلالإستراتيجية (طماطم، بذنجان، فلفل.....). تعدالمكافحة الكيميائية الأسلوبالأكثر استخداما ضد هذها الآفة.

بهذفايجادبديللهذها الطريقة المكلفو الملوثة للبيئة تجر بنتائهدفإلتقييمتأثير روثالأحصنة، الجمال، الماعز علتنظيم كثافةالديدان الخيطية ذاتالعقد منجهة، ومنجهةأخر بتقييمتأثير الأسمدة الحيوية علتنطور نمو نباتالطماطم.

الأسمدة الحيوية المجربة استعملت كسماد عضوي جاف مدمج مع التراب بتركيز ونصف التركيز، أجرىتهذها التجارب فيأوعىة بلاستيكية داخل بيوت بلاستيكية.

النتائج المحصلة عليها بينت أن جميع الأسمدة الحيوية المستعملة أدت دور المبيد ضد الديدان الخيطية، إضافة إلى ذلك لعبت دور مخصب حيوي ينسب مهم لتطور نمو نباتات الطماطم.

الأثر السامو التأثير التحفيزي يتغير بدلالة نوع الروث والمجربو التركيز المستعملة.

الكلمات المفتاحية: روث، ماعز، أحصنة، جمال، ديدان ذات العقد، طماطم.

TABLE DE MATIERES

REMERCIEMENTS.

DEDICACE.

RESUME.

ABSTRACT.

الملخص

TABLE DE MATIERE.

LISTE DES FIGURES.

LISTE DES TABLEAUX.

INTRODUCTION.

1^{ère} PARTIE : ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE.

Chapitre I : Données bibliographiques sur le genre *Meloidogyne*.

I.1. Généralité sur les <i>Meloidogyne</i>	04
I.2. Position systématique.....	04
I.3. Caractère morphologique des <i>Meloidogyne</i>	05
I.4. Biologie et cycle de développement des <i>Meloidogyne</i>	07
I.5. Reproduction.....	09
I.6. Les facteurs de développements des <i>Meloidogyne</i>	10
I.6.1. Le facteur plante.....	10
I.6.2. Le facteur sol.....	11
I.6.2.1. La teneur en eau du sol (humidité et dessiccation).....	11
I.6.2.2. La teneur en matière organique.....	11
I.6.2.3. La salinité.....	12
I.6.2.4. L'aération.....	12
I.6.2.5. La température.....	12
I.6.2.6. La texture et la structure du sol.....	12
I.6.2.7. Le pH.....	12
I.7. Symptômes et dégâts causées par les <i>Meloidogyne</i>	13
I.7.1. Symptômes locaux (racines).....	13

I.7.2. Symptômes généraux (parties aériennes).....	14
I.8. Méthodes de lutte contre <i>Meloidogyne</i>	15
I.8.1. L'amendement organique.....	15
I.8.2. Jachère nue.....	15
I.8.3. La rotation culturale.....	15
I.8.4. Solarisation.....	16
I.8.5. Utilisation de variétés résistantes/gène de résistance.....	16
I.8.6. La lutte biologique.....	16
I.8.6.1. Les micro-organismes.....	17
I.8.6.1.1. Utilisation des bactéries.....	17
I.8.6.1.2. Utilisation des champignons.....	17
I.8.6.1.3. Utilisation des plantes nématocides.....	19
I.8.7. Lutte chimique.....	21

Chapitre II : Les amendements organiques.

II.1. Généralité sur les amendements organiques.....	24
II.2. Les amendements étudiés.....	25
II.2.1. Fumiers.....	25
II.3. Importance des amendements organiques.....	25
II.3.1. Effet sur la plante (la culture).....	25
II.3.2. Effet sur les nématodes.....	26

2^{ème} PARTIE : EXPERIMENTATION.

Chapitre I : Matériel et méthodes.

I.1. Les objectifs.....	29
I.2. Méthodologies.....	29
I.2.1. Préparation des amendements organiques testés.....	29
I.2.2. Préparation des doses.....	29
I.2.3. Obtention et préparation des larves (L ₂) de <i>Meloidogyne</i>	30
I.2.4. Préparation du sol.....	31

I.2.5.	Préparation du matériel végétal.....	32
I.2.6.	Dispositif expérimental.....	33
I.3.	Les paramètres analysés.....	34
I.3.1.	L'effet biofertilisants des trois fumiers (camelins, caprins, chevaux) sur le développement des plants de tomate.....	34
I.3.1.1.	Effet sur la croissance des plants.....	34
I.3.1.2.	Effet sur la biomasse fraîche des parties aériennes et des racines des plants.....	35
I.3.1.3.	Effet sur la floraison des plants de tomate.....	36
I.3.2.	L'effet des traitements dans le contrôle des nématodes à galles	36
I.3.2.1.	Effet sur le taux d'infestation des plants de tomate....	36
I.3.2.2.	Effet des traitements sur le développement des adultes (mâles et femelles).....	37
I.3.2.3.	Effet sur la fertilité des œufs.....	38
I.3.2.4.	Effet sur la fécondité des femelles de <i>Meloidogyne</i>	38
I.4.	Analyse des données.....	39

Chapitre II : Résultats et discussion.

II.1.	Evaluation de l'efficacité des amendements apportés sur le développement de la tomate var. <i>Marmande</i>	41
II.1.1.	Effet des amendements sur la croissance moyenne des plantes.....	41
II.1.2.	Effet des traitements sur la croissance journalière moyenne des plants de tomate.....	43
II.1.3.	Effet des traitements sur la biomasse racinaire.....	44
II.1.4.	Effet des traitements sur la biomasse aérienne.....	46
II.1.5.	Effet des traitements sur la floraison.....	47
II.2.	Efficacité des traitements testés dans la régulation du développement des nématodes à galles.....	49

II.2.1.	Effet sur le degré d'infestation par les <i>Meloidogyne</i> (Nombre de galles).....	49
II.2.2.	Effet sur le développement des adultes (males et femelles).....	51
II.2.3.	Effet sur la fécondité des femelles.....	53
II.2.3.1.	Effet sur le nombre de masses d'œufs.....	53
II.2.3.2.	Effet sur la fécondité par femelle de <i>Meloidogyne</i>	55
II.2.3.3.	Effets des traitements sur la fertilité des œufs des <i>Meloidogyne</i>	57
II.3.	Discussion	60
II.3.1.	effet des fumiers testés sur le développement des plants de tomate.....	60
II.3.2.	Efficacité des traitements de fumiers (camelins, chevaux, caprins) dans le contrôle des <i>Meloidogyne</i>	61

CONCLUSION.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Morphologie d'une femelle de <i>Meloidogynespp</i>	06
Figure 2 :	larves de <i>Meloidogyne</i> à taille = 0,2 mm.....	06
Figure 3 :	cycle de développement de <i>Meloidogynespp</i>	07
Figure 4 :	symptôme causé par les <i>Meloidogyne</i> (Racines de tomate envahie par les galles).....	13
Figure 5 :	Galle provoquée par <i>Meloidogynesp.</i> Sur une jeune racine de tabac.....	14
Figure 6:	préparation des fumiers testés.....	29
Figure 7:	Préparation des doses d'engrais.....	30
Figure 8:	Produit nématocide « Nématex ».....	30
Figure 9:	L'obtention des larves (L2) de <i>Meloidogyne</i>	31
Figure 10:	préparation de sol.....	32
Figure 11:	Matériel végétal	32
Figure 12:	Prise de la hauteur des plants.....	34
Figure 13:	le poids sec des racines.....	35
Figure 14:	racine saine (sans galles).....	35
Figure 15:	racine infesté (Présence des galles).....	35
Figure 16:	le poids sec des parties aériennes.....	36
Figure 17:	les galles sur les racines de tomate (Grx10).....	37
Figure 18:	femelles de <i>Meloidogyne</i> sous loupe binoculaire (Gx25).....	37
Figure 19:	étude de la fertilité des œufs de <i>Meloidogyne</i>	38
Figure 20:	les œufs de <i>Meloidogyne</i> après dissociation des masses gélatineuse.....	39
Figure 21:	Variation de la croissance des plants de tomate en fonction des amendements et du temps.....	41
Figure 22:	Effetdes traitements, doses et temps sur la croissance moyenne des plantes de la tomate.....	42
Figure 23:	Effet des amendements sur la croissance journalière de la tomate.....	43
Figure 24:	Effetdes différents traitements sur la croissance journalière de	

	la tomate.....	44
Figure 25:	Variation de la biomasse racinaire (g) des plantes de tomate.....	45
Figure26:	Effetdes différents traitements sur la biomasse racinaire des plants.....	46
Figure27:	Variation du poids aérien des plants de tomate en fonction des amendements.....	46
Figure28:	Effetdes différents traitements sur la biomasse aérienne des plants de tomate.....	47
Figure 29:	Variation de nombre de fleure de plant de tomate en fonction des amendements et du temps.....	48
Figure 30:	Effet des différents traitements sur la floraison des plants de la Tomate.....	49
Figure 31:	Effet des amendements sur le degré d'infestation des plants.....	50
Figure 32:	Effetdes différents traitements sur l'infestation des racines.....	51
Figure 33:	Variation de développement des adultes male et femelle en fonction des amendements.....	52
Figure 34:	Effet des traitements sur le développement des adultes.....	53
Figure 35:	Variation du nombre de masses d'œufs en fonction des amendements.....	54
Figure 36:	Effet des différents traitements sur la fécondité moyenne des <i>Meloidogyne</i>	55
Figure 37:	Variation de la fécondité par femelle de <i>Meloidogyne</i> en fonction des amendements.....	56
Figure 38:	Effet des traitements sur la fécondité par femelle de <i>Meloidogyne</i>	57
Figure 39:	Variation de la fertilité des <i>Meloidogyne</i> en fonction des amendements.....	58
Figure 40:	Effetdes amendements sur la fertilité des œufs de <i>Meloidogyne</i> .	59
Figure 41:	Schéma appliquant l'effet des différents traitements sur le développement des plants de tomate.....	61
Figure 42:	Schéma expliquant le modèle hypothétique de l'effet des traitements surl'infestation des plants de tomate par nématodes à galles.....	64

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Relation type de matière organique et fonctions.....	24
Tableau 2 :	Rôles des matières organiques.....	25
Tableau 3 :	Schéma du dispositif expérimental.....	33
Tableau 4 :	Modèle G.L.M. appliquée à l'effet des amendements sur la croissance moyenne des plants de tomate.....	42
Tableau 5 :	Modèle G.L.M. appliquée à l'effet des amendements sur la croissance journalière moyenne des plants.....	43
Tableau 6 :	Modèle G.L.M. appliqué à l'action des traitements et des doses utilisées sur la biomasse racinaire.....	45
Tableau 7 :	Modèle G.L.M. appliqué à l'effet des amendements sur la biomasse aérienne des plants de tomate.....	47
Tableau 8 :	Modèle G.L.M. appliqué à l'effet des amendements sur la floraison de plante de tomate.....	48
Tableau 9 :	Modèle G.L.M. appliqué à la variation des infestations des plants par les <i>Meloidogyne</i> (nombre de galles).....	50
Tableau 10 :	Modèle G.L.M. appliqué à la variation du développement des adultes.....	52
Tableau 11 :	Effet des différents traitements sur le nombre de masse d'œufs.....	54
Tableau 12 :	Modèle G.L.M. appliqué à la variation de nombre d'œufs pondus par femelle de <i>Meloidogyne</i>	56
Tableau 13 :	Modèle G.L.M. appliqué au nombre d'œuf de <i>meloidogyne</i> éclos.....	58

INTRODUCTION

INTRODUCTION.

Les cultures maraîchères apparaissent comme l'un des secteurs les plus prometteurs de l'agriculture algérienne. Elles trouvent sous le climat méditerranéen les conditions climatiques correspondant à leurs existences. Ces spéculations occupent la 2^{ème} position après les céréales dans la consommation quotidienne de l'algérien (EI-KEBIRI, 1993).

Les serres assurent les conditions climatiques favorables pour le développement des plantes, mais elles le sont également pour les ravageurs et les agents pathogènes qui s'y développent rapidement.

En plus de leur extension, les cultures maraîchères sous abri en Algérie sont à caractère intensif avec deux ou trois cultures par an. Ces deux faits facilitent le développement des maladies et des ravageurs pouvant réduire la production de 50 à 100 % dans certaines régions du pays. Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*, endoparasites sédentaires des racines, sont des ennemis redoutables pour les cultures. En effet, dans les années 90, les cultures étaient infestées par ces nématodes à plus de 60 % dans la wilaya de Tipasa à l'Ouest d'Alger (MOKABLI, 1988) et à plus de 80 % des serres du littoral algérois (EI KEBIRI, 1993).

Pour lutter contre ces ravageurs, les producteurs font le plus souvent recours aux nématicides. Mais ces produits sont très toxiques à l'égard des producteurs, des consommateurs et des organismes non cibles. Ils peuvent contribuer aussi à polluer l'environnement par la contamination de l'air, des rivières ou de la nappe phréatique. D'où la nécessité de trouver des méthodes de lutte alternatives comme l'utilisation des plantes à vertu nématicide (HAOUGUI *et al.*, 2003 ; UPADHAY *et al.*, 2003 ; HUSSAIN *et al.*, 2011). Plusieurs auteurs ont expérimenté et montré l'efficacité des amendements organiques (compost ou fumier) pour lutter contre les nématodes parasites des plantes, en particulier les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* (KERKENI *et al.*, 2007; AGU, 2008 ; ORISAJO *et al.*, 2008 ; IDORENYIN *et al.*, 2010).

INTRODUCTION

Notre étude aura comme objectif d'évaluer l'efficacité de trois types de fumiers (camelins, chevaux, caprins) dans la régulation des nématodes à galles (*Meloidogyne*) en même temps leurs potentialité biofertilisante sur les plants de tomate var. *Marmande*.

Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les nématodes du genre *Meloidogyne*.

I.1. Généralités sur les *Meloidogyne*.

Les nématodes et en particulier les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* constituent un réel danger pour les cultures légumières donc une des plus importantes contraintes liées à ce type de culture (RITTER.,1973 in EDDOUD, 1989). Ce genre est reconnu par les galles qu'ils provoquent sur les racines des plantes d'où leur appellation anglo-saxonne Root-Knot nématodes « nématodes des racines noueuses » (ORTON –WILLIAMS,1973 et REDDY,1983).

Les *Meloidogyne* sont des espèces polyphages et ubiquistes (MESSIAEN,1981). Elles s'attaquent à plus de 2000 espèces végétales appartenant à des familles botaniques différentes (DE GUIRAN,1983).

On distingue sur les cultures maraichères quatre espèces de *Meloidogyne* plus fréquentes, qui sont responsables de pertes considérables à savoir : *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita*, *M. javanica* et *M. hapla* (BERNARD *et al.*, 1985). Ces espèces sont présentes dans les régions méditerranéennes et tropicales. Cependant, *M. hapla* supporte des climats plus froids que les trois autres espèces (DE GUIRAN, 1983).

I.2. Position systématique.

Tous les nématodes qui provoquent des galles sur les racines étaient autrefois considérés comme appartenant à une seule espèce : *Heterodera marioni* Cornu, (DE GUIRAN et NETSCHER, 1970). En (1949) Chitwood a pu distinguer entre le genre *Heterodera* nématode formant des kystes et le genre *Meloidogyne* provoquant des galles par l'utilisation de nouveaux caractères morphologiques. Pour distinguer les espèces de ce genre les spécialistes utilisent plusieurs critères. Parmi eux nous citons les caractères morphologiques des larves, des mâles et des femelles, (Whitehead, 1968 IN ; De Guiran et Netscher, 1970).

Selon EISENBACK (1985), le caractère le plus utilisé dans la systématique des *Meloidogyne* est la morphologie de la région périnéale des femelles, localisée dans la partie postérieure du corps de ces dernières.

La classification des *Meloidogyne* a fait l'objet de nombreuses controverses au sein des systématiciens. Nous présentons ici la classification proposée par MAGGENT *et al.* (1987).

Phylum :	<i>Nematoda</i>
Classe :	<i>Secernentea</i>
Sous-classe :	<i>Diplogasteria</i>
Ordre :	<i>Tylenchida</i>
Sous-ordre :	<i>Tylenchina</i>
Super-famille	<i>Tylenchoidea</i>
Famille :	<i>Heteroderidae</i>
Sous-famille :	<i>Meloidogynae</i>
Genre :	<i>Meioidogyne</i> (GOELDI, 1892).

I.3. Caractère morphologique des *Meloidogyne*.

Les nématodes sont des vers à symétrie bilatérale, à corps cylindrique et le plus souvent ont l'aspect filiforme (BACHELIER, 1978).

Le genre *Meloidogyne* est un nématode endoparasite sédentaire du fait qu'ils se développent dans les racines des plantes hôtes. Ils sont caractérisés par un dimorphisme sexuel très prononcé. MACHON et HUNT (1989) décrivent la morphologie des femelles, des mâles et des larves de deuxième stade comme suit :

Les femelles sont piriformes à sphériques immobiles, Peuvent atteindre un diamètre de 1 à 1.5mm. Elles présentent un stylet qui permet de perforer les cellules des vaisseaux conducteurs de sève, (BERTRAND, 2001) (figure 1) elles sont caractérisée par une cuticule blanchâtre, fine et tendre (MOKABLI, 1988).Elles présentent un intestin très développé, mais la lumière intestinale caractéristique est atrophiée si bien que la structure d'ensemble est plus un organe de stockage qu'un

organe de transit (BIRD, 1979). La plus grande partie du corps est occupée par les deux ovaires qui débouchent dans le vagin. Dans la partie postérieure six glandes se sont développées qui débouchent dans le rectum. Ces glandes produisent la substance gélatineuse dans laquelle les œufs sont englobés (DE GUIRAN NETSCHER, 1970).et qui est émise par l'anus.



Figure 1 : Morphologie d'une femelle de *Meloidogyne spp*(DE GUIRAN et NETSCHER, 1970).

Les mâles sont filiformes, mobiles de même que les stades juvéniles, mais plus tard ces derniers deviennent sédentaires durant la phase parasitaire de leur cycle de vie. Les mâles mesure 0.8 à 2 mm, a l'extrémité antérieure s'ouvre la bouche, elle est pourvue d'un stylet, mince avec des boutons C'est grâce à ce stylet que le nématode se nourrit. (JACOBetal., 1988).

Les larves de 2^{ème} stade sont pointues à l'extrémité postérieure, d'une longueur variant de 0,2 à 0,5 mm et d'environ 10 µm de diamètre(DIONGUE, 1996). (Figure 2).C'est le stade infestant. Elles possèdent un fin stylet terminé par des boutons basaux.

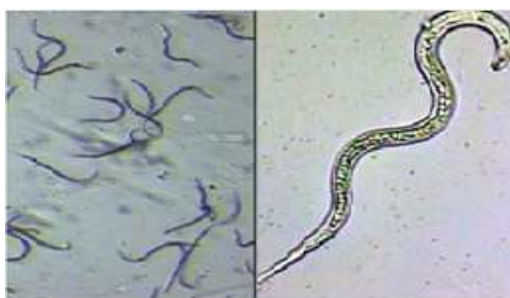


Figure 2:Larves de *Meloidogyne* à taille = 0,2 mm (DJIAN-CAPORALINO et al., 2009).

I.4. Reproduction.

Les sexes sont séparés et le système reproducteur se développe à partir d'un primordium génital chez les juvéniles de deuxième stade (BIRD, 1979). Trois modes de reproduction ont été observés chez *Meloidogyne* :

- L'amphimixie qui consiste en une fusion entre gamète mâle et gamète femelle.
- La parthénogénèse meiotique facultative qui a lieu quand les mâles sont absents : les femelles produisent des œufs qui durant la maturation subissent une méiose avec réduction des chromosomes.
- La parthénogénèse mitotique obligatoire : les femelles produisent des oocytes qui ne vont pas subir de méiose. En conséquence, à la fin de la maturation, les œufs possèdent la totalité de leurs chromosomes. Lorsque les mâles sont présents, leur sperme est retrouvé dans les oocytes mûrs mais la fusion entre gamètes mâle et femelle ne s'observe pas (TRANTAPHYLLOU, 1962).

Les mâles possèdent en général un seul testicule dont le rôle dans la reproduction de l'espèce est mal défini. Certains mâles apparaissent toutefois avec deux testicules et dériveraient de femelles par inversion de sexes. Les mâles n'apparaissent que dans des conditions défavorables comme par exemple un fort taux d'infestation qui provoque une castration alimentaire (DAVIDE et TRIANTAPHYLLOU, 1967).

I.5. Biologie et cycle de développement des *Meloidogyne*.

Les nématodes à galles sont classés dans le groupe des endoparasites sédentaires. Ils ont plusieurs générations par an et une capacité d'adaptation très importante (BERREHIL-EL KATTEL, 1997).

Le cycle de développement des *Meloidogyne spp.* passe par cinq stades larvaires et quatre mues, (ROUSSELLE *et al.*, 1996).

Les femelles adultes des espèces de *Meloidogyne* dans les racines pondent des œufs réunis par une substance gélatineuse. Quelques heures après la ponte, un juvénile de premier stade (L_1) se développe dans l'œuf (DE GUIRAN & NETSCHER, 1970). Ce juvénile subit une première mue pour donner un juvénile de deuxième stade (L_2) vermiforme. C'est ce dernier qui sera libéré lors de l'éclosion des œufs

à une température de 28°C, l'intervalle ponte-éclosion dure sept à neuf jours (NETSCHER, 1970).

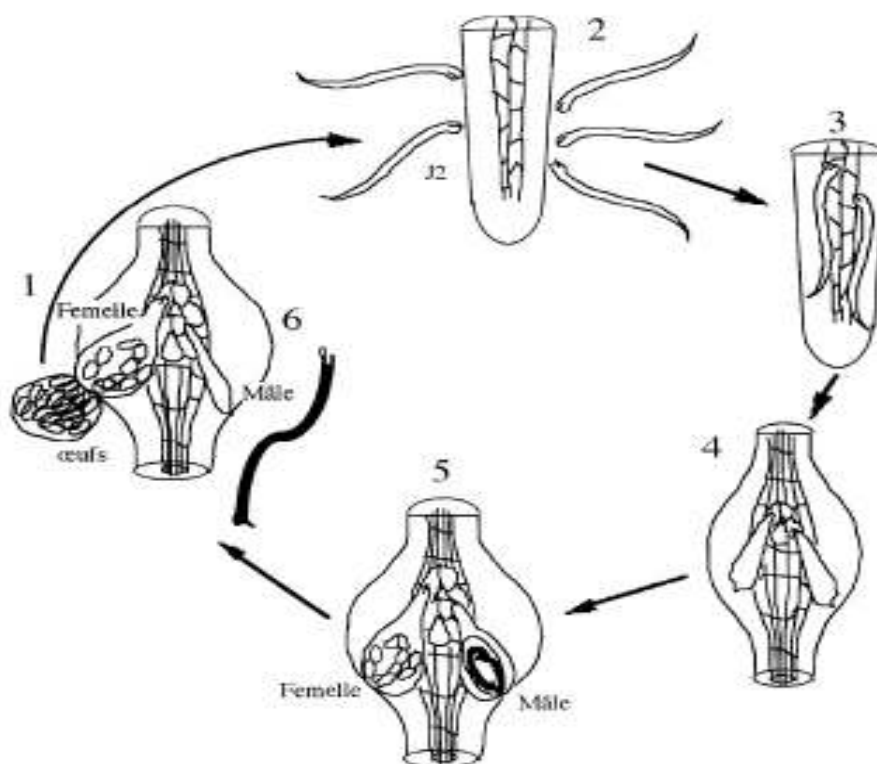


Figure3: cycle de développement de *Meloidogyne* spp.(DE GUIRAN &NETSCHER, 1970).1. Éclosion des œufs, 2. Pénétration des juvéniles de second stade (J₂) dans les racines,3. Sédentarisation des juvéniles au niveau de sites de nutrition, 4. Début de maturation des juvéniles en adultes,5. Différentiation sexuelle des juvéniles, 6. Libération des mâles et éclosion des œufs.

Les *Meloidogyne* survivent dans le sol forme de larve du 2^{ème} stade, logées dans leurs œufs. Elles éclosent à proximité des racines stimulées par les exsudats de celles-ci (MESSIAEN et al., 1991). Après l'éclosion, elles pénètrent dans la zone d'élongation des racines. Elles s'orientent en direction de l'apex (ROUSSELLE *etal.*, 1996), puis se fixent au voisinage du cylindre centrale, en passant entre les cellules corticales et sous-épidermiques (MESSIAEN *etal.*, 1991).Leurs piqueurs provoquent une multiplication des tissus qui aboutit à la formation des galles en stimulant la division des cellules végétales et la prolifération des tissus environnants (GALET , 1982). Les cellules géantes multi-nucléés à cytoplasme très dense forment leurs site nourricier (ROUSSELLE *etal.*,1996).Elles sont le siège d'une très grande activité métabolique, elles contiennent des quantités importantes de protéines, d'acides aminés et de glucose. En plus, les cellules géantes sont plus actives dans la

production des protéines qui sont nécessaire au développement des larves. Ces galles réduisent la production des racelles et perturbent la capacité d'absorption d'eau et des sels minéraux de la plante. Elles jouent un rôle dans la protection des nématodes. Elles sont disposées sous forme de chapelets de petites tailles ou volumineuses (AMMAR, 1986).

Les larves subissent trois mues, perdent leurs apparence vermiforme et deviennent globuleuses (ORTON-WILLIAMS, 1974). La 3^{ème} et 4^{ème} mues se suivent dans la cuticule du deuxième stade larvaire. Le stylet buccal est absent chez les larves du troisième et quatrième stade (MACHON et HUNT, 1989). Il se forme après la 4^{ème} mues chez l'adulte (ORTON-WILLIAMS, 1973). D'après PAPADOPOULOU et TRIANTAPHYLLOU (1982), seul le deuxième stade larvaire s'alimente. La dernière mue est une véritable métamorphose pour le mâle qui devient long et filiforme (DE GUIRAN et RITTER, 1979).

La durée du cycle biologique dépend de nombreux facteurs en particulier la sensibilité de l'hôte et la température. A titre d'exemple en milieu tropical sur des plantes sensibles selon GUIRAN (1971), affirme que la durée du cycle est d'environ trois semaines. La température affecte considérablement l'activité de toutes les espèces de *Meloidogyne*. Elle agit sur l'éclosion, la reproduction et la durée du cycle de développement (REDDY, 1983).

Selon EKANAYAKE et DIVITO (1985 in ; DIVITO *etal.*, 1988), les œufs des *Meloidogyne* éclosent facilement à une température comprise entre 15 et 20°C. MARADJI (1994) a enregistré une fertilité importante des œufs de *Meloidogyne incognita* aux températures comprises entre 20 et 35°C. Toutefois, l'optimum est observé à 30°C. En ce qui concerne la durée du cycle de vie à 28°C, elle est de 21 jours sur tomate pour cette espèce. BONNEMAISON (1961), signale que, les *Meloidogyne* restent immobiles lorsque la température du sol est inférieure à 10°C.

I.6. Facteurs de développement des *Meloidogyne*.

Le développement des *Meloidogyne* dans le sol peut être influence par plusieurs facteurs : parmi ces facteurs on peut citer :

I.6.1. Le facteur plante.

Les plantes contribuent à la migration des nématodes par attraction (CHEN et RICH, 1963 ;PROT, 1980). L'attraction des nématodes vers une racine dépend toutefois de la nature de l'hôte(VIGLIERCHIO, 1961) et de son état physiologique (LOWNSBERRY et VIGLIERCHIO, 1961). Ladifférence entre plantes sensibles et plantes résistantes proviendrait selon BAINS *et al.* (1984)d'une modification du rapport ionique (Ca + Mg)/K. L'ion calcium jouerait un rôle dansl'aptitude des plantes à se défendre contre une attaque parasitaire. Sa présence dans la cellulereprésenterait d'une rupture de l'endoderme (tissu qui empêche la pénétration apoplastique du calcium) provoquée par les nématodes. Sa teneur augmente en réponse à la diminution deséléments minéraux chez les plants infestés et en particulier le potassium (K). La résistance des plantes peut se manifester avant infection ou après infection par le nématode (MATEILLE, 1994) et de diverses manières (REBOIS *et al.*, 1970).

✓ Existence d'une barrière mécanique chez certains épidermes racinaires riches en lignine (ROHDE, 1965). De nombreux auteurs ont en effet mis en évidence la présence de lignine (ARYA et TIAGI, 1985) ou de précurseurs de lignine (ROBINSON *et al.*, 1988) dans les parois cellulaires syncytiales, dans les tissus adjacents au nématode et dans les tissus nécrosés et ce, le long du trajet du nématode.

✓ synthèse par la plante d'exsudats racinaires non attractifs, répulsifs voire toxiques au nématode. Ces exsudats peuvent être des phytoalexines ou des phénols (HUNG et ROHDE, 1973 ; VEECH, 1981). L'effet négatif des phénols sur les nématodes a été prouvé par de nombreux auteurs. HUNG et ROHDE (1973) ont observé une accumulation de phénols dans l'endoderme racinaire et identifié l'acide chlorogénique comme phénol majoritaire. Ils ont montré que la production de phénols augmentait avec le degré de résistance de variétés de tomate parasitées par *M. incognita*. Ces résultats ont été ensuite confirmés par SITARAMAYA et PATHAK

(1979), MAHMOOD, REZK *et al.* (1987) et corroborent ceux obtenus par MATEILLE (1992) sur bananier. Notons cependant que l'émission de phénols n'est pas toujours corrélée à la résistance des plantes. Plusieurs cas de figures peuvent en effet être observés : forte production de phénols sans modification de la sensibilité chez le poivrier (FERRAZ *et al.*, 1984) ou aucune modification du taux de phénols chez le Niébé quels que soient le taux d'infestation et le niveau de résistance (SINGH et REDDY, 1985).

✓ la plante peut réagir à la pénétration profonde et au développement du nématode par une réaction d'hypersensibilité qui consiste en la mort des cellules végétales contigües au nématode (AJAURO *et al.*, 1982).

I.6.2. Le facteur sol.

I.6.2.1. La teneur en eau du sol (humidité et dessiccation).

Les *Meloidogyne* ne supportent pas une humidité trop élevée. L'excès d'eau inhibe l'éclosion des œufs, ralentit leur développement ; les J₂ meurent par asphyxie (DE GUIRAN et NETSCHER, 1970). Un sol trop sec ralentit les activités de *Meloidogyne* (VAN GUNDY, 1985). Le déficit ou l'excès d'eau peut aussi engendrer chez les J₂ des formes de résistance (DEMEURE, 1978). Il existe toutefois un certain degré de résistance à la dessiccation. Par exemple les œufs enrobés dans la matrice gélatineuse sont plus résistants que les œufs et J₂ libérés dans le sol (DEMEURE, 1978). Ils conservent en outre leur pouvoir d'éclosion après sept mois de sécheresse (DE GUIRAN et NETSCHER, 1970). Cette matrice empêcherait toute perte d'eau des œufs (DE GUIRAN et NETSCHER, 1970).

I.6.2.2. La teneur en matière organique.

La matière organique (par exemple: fumier) dans le sol favorise l'activité des microorganismes qui sont des antagonistes des nématodes parasites des plantes (MANKAU et MINTTEER, 1962) et les produits issus de sa décomposition sont toxiques pour le nématode tels que l'acide butyrique (SAYRE *et al.*, 1965). Elle modifie également la physiologie de la plante qui devient tolérante au nématode (VAN DER LAAN, 1956).

I.6.2.3. La salinité.

Une concentration saline trop élevée inhibe le déplacement des J₂(PROT, 1978).

I.6.2.4. L'aération.

Un déficit d'oxygène réduit le taux d'éclosion des œufs mais aussi le métabolisme, la mobilité et le pouvoir infestant des J₂. Le développement en femelles est ralenti et parfois la mort des J₂ est observée (VAN GUNDY, 1985).

I.6.2.5. La température.

L'éclosion est inhibée à 0°C et au dessus de 45-50°C. L'optimum de température pour l'éclosion et le développement des J₂ se situe entre 25 et 30°C (BIRD et WALLACE, 1965).

I.6.2.6. La texture et la structure du sol.

Les *Meloidogyne* se rencontrent dans tous les types de sol et ceux-ci influencent plus ou moins fortement le déplacement des juvéniles. Les sols sableux semblent plus favorables car les niveaux d'infestation et les dégâts les plus importants y ont souvent été observés (PITCHER, 1979 ; VAN GUNDY, 1985).

La structure d'un sol se caractérise par sa porosité qui résulte de l'agencement des différentes particules. Etant donné que les nématodes se déplacent à l'intérieur des pores du sol, leur migration vers les racines va donc dépendre du type de structure. Il a été démontré que les structures granulaires caractéristiques des sols sableux favorisent le mouvement des juvéniles (WALLACE, 1963 ; DE GUIRAN et NETSCHER, 1970 ; PROT 1975 ; PITCHER, 1979). En effet, plus le sol est poreux, plus il est aéré. Cette aération favorise l'activité physiologique du nématode (VAN GUNDY, 1985).

I.6.2.7. Le pH.

L'infestation des *Meloidogyne* est moins sévère en sol acide qu'en sol neutre ou alcalin (REDDY. 1983). Selon WALLACE (1966), le pH optimal est compris entre 4,0 et 8,0. En effet, le pH à 4,1 agit faiblement sur la fécondité des œufs et agit sévèrement lorsqu'il est entre 6,0 et 7,0.

I.7. Symptômes et dégâts causés par les *Meloidogyne*.

I.7.1. Symptômes locaux (racines).

Les *Meloidogyne* se développent sur de nombreuses cultures (BAYER, 1982). Toutes les espèces du genre sont considérées comme étant polyphages (NETSCHER et SIKORA 1990)

Les larves infestantes de *Meloidogyne spp.* Pénètrent dans les racines de l'hôte. Elles induisent la formation des cellules nourricières polynucléées et déclenchent une hypertrophie au niveau des cellules adjacentes. L'ensemble s'exteriorise par la formation des galles sur les racines (DALMASSO *et al.*, 1985). C'est le symptôme principal pour ce genre de nématode (CHAMPIGNON, 1981; NETSCHER et SIKORA, 1990). Le diamètre de ces galles est proportionnel au taux d'humidité dans le sol (RAYNAL *et al.*, 1989) Il varie également avec l'espèce de nématode en cause et de la sensibilité ou la résistance de l'hôte (APPERT et DEUSE, 1982).



Figure4:symptôme causé par les *Meloidogyne*
(Racines de tomate envahie par les galles). (DJIAN-CAPORALIN *et al.*, 2009).

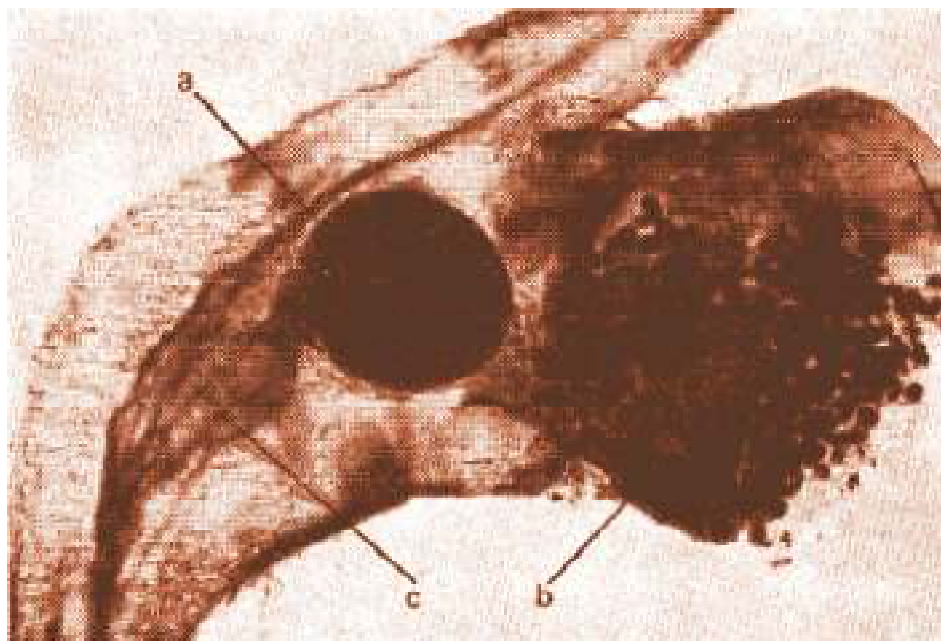


Figure 5: Galle provoquée par *Meloidogyne* sp. Sur une jeune racine de tabac.

(GUIRAN, 1960). a: femelle ; b: masse d'œufs ; c: cellule géantes.

I.7.2. Symptômes généraux (parties aériennes).

Il n'existe pas, sur les parties aériennes, de symptômes spécifiques, traduisant sans doute possible le parasitisme de *Meloidogyne*. Il s'agit plutôt d'une déficience générale, consécutive d'une part à l'action du parasite qui modifie le métabolisme de la plante et en détourne une partie à son profit, mais surtout à la réduction du système racinaire qu'entraîne sa présence.

Cette réduction a pour première conséquence une diminution de l'alimentation minérale de la plante. La partie aérienne présente alors un aspect chétif : la croissance est retardée, les feuilles sont réduites et peuvent accuser des symptômes de déficience minérale (chlorose, décoloration, etc.). La floraison et, partant, la fructification, peuvent être fortement diminuées (NAMMOUCHI, 1986).

L'absence de chevelu racinaire entraîne en outre une perturbation dans l'alimentation en eau : la plante attaquée souffrira plus vite de la sécheresse en montrant des symptômes de flétrissement qui apparaissent sur l'ensemble du feuillage aux heures chaudes de la journée et disparaissent le soir. Si la sécheresse se prolonge, on peut assister à un dessèchement marginal des feuilles et à leur chute prématurée.

Tout ceci amène inmanquablement une diminution de rendement, quelle que soit la partie de la plante qui doit être récoltée. Cette diminution est fonction de la population qui vit aux dépens de la plante et qui tend évidemment à croître lorsqu'on cultive pendant plusieurs années une plante sensible sur un terrain infesté.

I.8. Méthodes de lutte contre *Meloidogyne*.

Jusqu'en 1975 la lutte qui était développée contre *Meloidogyne* était essentiellement basée sur l'utilisation de produits chimiques. Mais la plupart de ces produits ont été interdits en raison des dangers qu'ils représentent pour l'environnement et la santé de l'homme. Des méthodes alternatives ont été mises au point parmi lesquelles l'amendement organique, la jachère nue, la rotation culturale, l'utilisation de variétés résistantes par incorporation de gènes de résistance et enfin la lutte biologique. Ces méthodes diffèrent dans la pratique mais elles ont toutes pour finalité le maintien de la population de nématodes sous un seuil de nuisibilité supportable par la plante.

I.8.1. L'amendement organique.

Il consiste à apporter à la culture de la matière organique (MULLERetGOOCH, 1982) en enfouissant des résidus végétaux tels que pailles, feuilles, tiges. Cette matière organique améliore la fertilité du sol, accélère la croissance de la plante et sa décomposition multiplie l'activité prédatrice de micro-organismes antagonistes de nématodes (SAYRE, 1971).

I.8.2. Jachère nue.

Elle consiste à laisser un sol sans culture assez longtemps de manière à réduire ou supprimer les nématodes qui ne pourront plus se développer et se reproduire faute de nourriture.

I.8.3. La rotation culturale.

La méthode consiste à cultiver des plantes non-hôtes pour épuiser les réserves énergétiques du nématode. Des plantes pièges comme l'arachide (plante capable

d'attirer et d'héberger le nématode sans subir de dégâts) sont souvent utilisées en rotation (PROT, 1986a).

I.8.4. Solarisation.

La solarisation est une méthode douce pour le biotope, plus au moins discriminante selon le temps d'action, facile à mettre en œuvre et peu coûteuse, mais parfois insuffisamment efficace, car elle nécessite un climat très ensoleillé. (FOURY, 1995).

I.8.5. Utilisation de variétés résistantes/gène de résistance.

Il est possible d'obtenir des plantes résistantes à partir de plantes habituellement sensibles, en incorporant dans leur génome, des gènes de résistance issus le plus souvent d'espèces spontanées. C'est le cas de la tomate qui présente actuellement de nombreuses variétés résistantes à *Meloidogynearenaria*, *Meloidogyneincognita* et *Meloidogynejavanica*. La résistance de ces variétés est due au gène Mi dominant. L'utilisation de telles variétés pourrait être un moyen élégant de lutte contre *Meloidogyne* Mais il se pose le problème lié d'une part au caractère thermolabile de certains gènes et d'autre part à la spécificité de ces gènes. La virulence de certaines populations de *Meloidogyne* peut limiter le champ d'application de cette méthode car cette virulence, comme cela a été observée chez *Meloidogyneincognita* et *Meloidogynejavanica*, permet au nématode de résister à ces gènes et d'attaquer des variétés considérées résistantes (BERTHOUet al., 1990).

I.8.6. La lutte biologique.

La lutte biologique contre les nématodes consiste à limiter le taux d'infestation au-dessous du niveau dommageable aux plantes (DJIAN CAPORALINO et al., 2009). Actuellement, de nombreuses préparations commerciales à base de champignon, de bactéries...etc. La lutte biologique se développe et remplace de plus en plus la lutte chimique, particulièrement en agriculture biologique.

I.8.6.1 Les micro-organismes.

I.8.6.1.1. Utilisation des bactéries.

Plusieurs études ont été effectuées pour étudier la pathogénicité de *Pasteuriapenetrans* vis-à-vis des nématodes en général et du genre *Meloïdogyne* en particulier. Ce parasitisme entraîne une diminution de la population de *Meloïdogyne* (BERTRAND *et al.*, 2001). Mais la concentration optimale de spores pour obtenir la meilleure efficacité est variable selon les espèces de *Meloïdogyne*. Corrélativement à cette diminution de la population de nématodes, les poids frais et secs des plantes sont améliorés. BIRD (1979) a montré que *Pasteuriapenetrans* n'envahissait pas la région antérieure de l'œsophage des juvéniles ce qui ne gênerait pas la nutrition du nématode et la formation des cellules géantes dans la racine.

Selon BROWN et SMART (1985) *Pasteuriapenetrans* affiche une spécificité marquée entre les diverses espèces de *Meloïdogyne* qui pourrait être mise en rapport avec la variabilité des structures cuticulaires des nématodes.

P. penetrans présente aussi plusieurs avantages : d'abord son efficacité parasitaire remarquable, qui permet de réduire les populations de Nématodes de plus de 80%, ensuite ses endospores sont d'une résistance exceptionnelle qui permet leur stockage pendant très longtemps sans aucun problème particulier. Aussi les travaux sur *Pasteuriapenetrans* se multiplient-ils dans le monde entier et on peut penser que, d'ici peu, cette Bactérie deviendra un agent de lutte biologique fiable et parfaitement maîtrisé (Cayrol *et al.*, 1992)

I.8.6.1.2. Utilisation des champignons.

CAYROL (1991), affirme qu'il existe environ plus de cent espèces de champignons endoparasites et piégeurs (prédateurs) qui détruisent les nématodes. Les plus actives sont représentées par *Arthrobotrysirregularis* (commercialisé sous le nom de S350 puis T350).

Les champignons ovocide contribuent également dans la régulation des *Meloïdogyne* cas de *Paecilomyces lilacinus* qui est considéré comme un auxiliaire

naturel pour contrôler les populations de *Meloïdogyne*. il est commercialisé sur le nom B10act (BERTRAND *etal.*, 2001). D'après CAYROL (1991) le B10act réduit la population de *Meloïdogyneincognita* aux doses 10 et 100 grammes du produit commercial par mètre carré au cours de la deuxième et la troisième génération. SAUNKARANARAYANAN *etal.*(2000), ont montré que le *Verticilliumchlamydosporium* permet de réduire les galles, les masses d'œufs et la population de *Meloïdogyne*. Le degré de suppression des nématodes varie selon la dose d'application. Le *Verticilliumchlamydosporium* appliqué à 10g et 15g donne respectivement le pourcentage de parasitisme des œufs de 70% et 89,3% et les masses d'œufs de 63 et 69% respectivement.

JACOB (1997), étudie le comportement et la rapidité de piégeage de plusieurs espèces de champignons : *Arthrobotryssuperba*, *Arthrobotrysdactyloides*, *Dactylaria candida*, *Hohenbueheliaperalodes* et *Paecilomyceslilacinus* envers les espèces de *Meloïdogynespp* sur culture de tomate. Les résultats révèlent qu'*Arthrobotryssuperba* est le plus rapide à piéger les larves des *Meloïdogynespp*. Cependant, *Paecilomyceslilacinus* infeste seulement les œufs de *Meloïdogynespp*. Par ailleurs, les essais réalisés par AMIN (2000) révèlent que les champignons testés *Arthrobotrysoligospora*, *Hirsutellarhossiliensis* et *Paecilomyceslilacinus* réduisent significativement le nombre de galles, des femelles et des masses d'œufs pondus par *Meloïdogyneincognita* sur tomate. Toutefois, *Arthrobotrysoligosporas* avère le plus efficace contre cette espèce. Les pourcentages de la réduction des galles et le nombre de femelles sont de 66,6 et 72% respectivement après 10 semaines d'application comparée aux autres traitements.

Ces parasitoïdes ont été utilisés comme des agents de contrôle biologique avec peu de succès. Jusqu'ici, aucune méthode de lutte biologique n'a pu être mise au point. Cela tient aux difficultés rencontrées pour élever ces organismes. Or, sans cet élevage en masse, il est impossible d'avoir une concentration qui permettrait une lutte efficace (DE GUIRAN et NETSCHER, 1970).

I.8.6.1.3. utilisation des plantes nématicides.

Pendant ces dernières années, les plantes nématicides ont contribué à une bonne protection des plantes sensibles aux nématodes phytoparasites. Les données acquises sur le terrain, démontrent l'efficacité de certains végétaux introduits traditionnellement dans les assolements, en culture intercalaire ou sous forme broyats pour lutter contre les nématodes parasites des plantes. Plus de deux cents espèces de plantes appartenant à 80 familles différentes, sont étudiés pour leurs propriétés nématicides.

De nombreuses espèces peuvent être utilisé tel que (*Tagetes spp*, *Crotalariaspectabilis*, *Chrysanthemumsspp*, *Allium sativum*, *Cinnamomumverum*« Cannelle » et *Azardirectaindica* « Neem (DUKE.1999 ; LEE *etal.*,2001 ; SATTI *etal.* ,2003 ; PARK *etal.*,2005 ; SATTI et NASER ,2006 ; KONG *etal.*,2007).

Beaucoup de ces plantes sont introduites en précédent cultural comme la Crotalaire, le Radis fourrager .Pour certaines plantes notamment (les Fabaceae surtout) sont enfouies comme engrais vert. Par contre d'autres sont utilisées sans enfouissement tels que le *Panicumsp*, *Eragrostissp* et *Tagetessp*. Ces plantes testées sur les *Meloidogyne* ont révélé une réduction du nombre de galles sur les racines de tomates (BERTRAND et *al.*, 2001). La Crotalaire constitue un engrais vert nématicide intéressant (comme c'est une légumineuse, son enfouissement constitue une fumure azotée non négligeable). Il faut impérativement l'enfouir pour avoir une action nématicide (BERTRAND et *al.*, 2001).Ces mêmes auteurs affirment que la décomposition des engrais verts libère dans le sol différent acide gras volatil dont l'effet nématicide pourrait s'ajouter à celui des molécules contenues dans les tissus des plantes enfouies. Alexander et ont constaté que les populations de *Pratylenchuspenetrans*sont réduites de 98 p. cent quand *Tagetes erecta*est utilisée en rotation avec laculture de tomate (*L. esculentum*).

D'après DJIAN (1992), les substances actives peuvent être exsudées des racines et agir soit en inhibant la pénétration des larves dans les racines, soit en inhibant l'éclosion des œufs ou en empoisonnant les nématodes.

L'étude réalisée sur 27 extraits de plantes nématicides représenté par 21 espèces telle que *Dinberaretroflexa*, *Cucumismelovar.agrestis* (fruits), *Ecalyptusmicrotheca*, *Acacianillotica* et *Chenopodiumalbum* ont montrés un effet toxique sur les juvéniles de *M. incognita*. De même les extraits d'*Origanumsyriacum* testé sur les larves de *M. javanica* ont causé une forte mortalité (OKA *et al.*, 2001).

Divers investigations rapportent que l'effet nématicide des plantes est du aux huiles volatiles qu'elles contiennent (DAHMANE *et al.*, 2010). Divers huiles essentielles (geraniol, thymol, camphore, carvacrol, eugenol, menthone, terpenine, cineole, et pinene) ont été testées sous leur forme pure contre les *Meloidogyne*, les résultats révèlent que tous ces huiles sont toxiques vis-à-vis *M. javanica* et *M. incognita* à l'exception du cineole

L'utilisation des grignons d'olive comme biopesticide exprime un décroissement des maladies causées par les nématodes mais les recherches restent toujours en voie d'exploitation (CAYUELE *et al.*, 2008). D'autres plantes pouvant diminuer les populations de nématodes à galles, on peut identifier les plantes suivantes : l'ail, l'armoise absinthe, l'armoise argentée (*Artemisia* spp), la moutarde noire (*Brassicanigra*), la stramoine (*Datura stramonium*), le pourpier gras (*Portulacaoleracea*), la matricaire camomille (*Matricariachamomilla*) et le radis.

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

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

I.7.8. Lutte chimique.

Elle est essentiellement assurée par traitements du sol avec des fumigants (ou des précurseurs de fumigants), des produits organophosphorés et des carbamates très proches des insecticides.

Les premiers (dibromoéthane, dichloropropène, dazomet, métam sodium, etc..) tuent les nématodes en se volatilisant dans le sol. Très coûteux, d'un emploi avant culture difficile.

Les seconds (alidicarbe, carbofuran, oxamyl, etc.) moins coûteux et plus faciles d'emploi, inhibent la pénétration des nématodes dans les plantes hôtes. Ces produits sont surtout efficaces sur les nématodes en présence de leur plantes hôtes. En France, leur utilisation comme nématicides reste très limitée parce qu'ils sont toxiques (alidicarbe) ou trop coûteux. Ils servent surtout à protéger les pépinières, les cultures florales et ornementales. La plupart sont utilisés en tant qu'insecticides à des doses trop faibles pour que l'effet nématicides soit réel (Dalmasso et Missonnier, 1986).

Badaoui et Abu-gharbieh (2000), leurs expériences, faite en Jordanie en plein champ et sous serres, sur l'impact des non-fumigants (Furadon 10% G [Carbofuran], Mocap 20% L [Ethoprophos], et Vydate 20%L [Oxamyl]) comparés aux fumigants Méthyle de bromure (MeBr) contre les *M. javanica* sur tomate (GS12) montrent d'après les résultats obtenus que Méthyle de bromure (MeBr) est le produit chimique le plus efficace contre ces nématodes puisqu'il a réduit un paramètre global (stade larvaire (L2/100g de sol), indice de galles et masse d'œufs) de 75,5% et l'augmentation de l'indice de vigueur et de poids des fruits de 86%, suivit par Furadon par contre Vydate fut le moins efficace, d'autre part, des essais faits (sous serres) mais avec des doses plus élevées en Vydate ont montré une grande efficacité ; mais les doses utilisées sont phytotoxiques. De même LAMBERTI *et al* (2000) leurs essais sur cantaloup et le tabac contre les *M. incognita* par les fumigants 1,3 dichloropropane (1,3 – D97) ont montré des résultats très significatifs ou la réduction de l'indice de galle et l'accroissement du rendement.

Les nématicides ne détruisent jamais tous les nématodes présents dans le sol. Les survivants envahissent les plantes et s'y développent dans d'excellentes

conditions, sans toutefois provoquer de dommages étant donné leur faible nombre et l'époque tardive de leurs pullulations. L'emploi des produits chimiques se traduit donc :

- a) Par une forte augmentation de la récolte, par rapport à celle que l'on aurait obtenue sans traitement ;
- b) Par une re-contamination du sol après culture souvent plus importante que celle qui aurait été observée en l'absence de traitement.

Aussi est-il nécessaire de traiter à nouveau quand on refait la même culture ; cela est coûteux et non sans risques pour la santé et l'environnement. Ainsi les possibilités d'utilisation des nématicides, déjà limitées, risquent de l'être encore plus (Dalmasso et Missonnier, 1986). Bernard (2002) explique que « malgré une désinfection totale des sols tous les 4 ans au bromure de méthyle, nous n'avons pas réussi à nous en débarrasser. Les nématodes survivent en profondeur puis remontent ».

Chapitre II : Les amendements organiques.

II.1. Généralité sur les amendements organiques.

Le terme amendement organique recouvre une très large gamme d'intrants, ayant des propriétés très variables. Les amendements organiques sont le plus souvent des produits principalement composés de résidus de végétaux, fermentés ou fermentescibles. Mais il existe aussi des amendements organiques avec une moindre proportion de végétaux, notamment ceux à base de déjections animales (JANVIER, 2007).

Divers amendements organiques ont été utilisés comme méthode alternative aux moyens chimiques. Tels que les débris de plantes, de cultures, de foin (MIAN et RODRIGUEZ KABANA, 1982), de compost de déchets de crevettes (DIA, 1995), les plantes nématicides, les déchets protéiques et les résidus végétaux (OKA, 2010).

HUBER et SCHAUB (2011), signalent que les fonctions des amendements varient selon type de la matière organique (tableau 1)

Tableau 1 : Relation type de matière organique et fonctions

Type de MO	Fonctions
Matière organique fraîche : végétaux et animaux vivants	renouveau microbien
Matière organique fraîche : débris végétaux et animaux	Substrat énergétique et équilibre fertilité chimique
Matière organique mûre : résidus végétaux (ex : fumier, lignine, paille...)	Substrat énergétique, fertilité physique (structure du sol)
Matière mûre : lignine, cellulose, matière résiduelle microbienne	Fertilité physique (stabilité à long terme)

Les matières organiques jouent un rôle important (Tableau 2) dans le fonctionnement global du sol au travers de ses composantes physiques, biologiques et chimiques, qui ont des conséquences majeures pour la fertilité des sols (HUBER et SCHAUB, 2011).

Tableau 2 : Rôles des matières organiques.

	Action	Bénéfice
Rôle physique = cohésion	Structure, porosité	<ul style="list-style-type: none"> - pénétration de l'eau - stockage de l'eau - limitation de l'hydromorphie - limitation du ruissellement - limitation de l'érosion - limitation du tassement /compactage - réchauffement
	Rétention en eau	- meilleure alimentation hydrique
Rôle biologique = énergisant	Stimulation de l'activité biologique (vers de terre, biomasse microbienne)	<ul style="list-style-type: none"> - dégradation, minéralisation, réorganisation, humification - aération - croissance des racines
Rôle chimique = nutritif	Dégradation, minéralisation	- fournitures d'éléments minéraux (N, P, K, oligo-éléments...)
	CEC	- stockage et disponibilité des éléments minéraux
	Complexation ETM	- limitation des toxicités (Cu par exemple)
	Rétention des micropolluants organiques et des pesticides	- qualité de l'eau

II.2. Les amendements étudiés.

II.2.1. Fumiers.

Par définition, les fumiers de camelin, cheval et caprin sont des matières organiques hétérogènes constituées d'un mélange de litières (paille, copeaux...) et de déjections animales qui peuvent être plus ou moins décomposées.

Ce sont des fertilisants facilement utilisables sur les cultures comme sur les prairies. Leur composition est très variable selon l'espèce animale, la quantité de paille employée, la richesse minérale et azotée de l'alimentation, la technique de fabrication, de stockage et d'emploi (ANONYME., 2011).

II.3. Importance des amendements organiques.

II.3.1. Effet sur la plante (la culture).

De nombreuses études ont été menées, concluant le plus souvent de l'effet bénéfique des amendements organiques sur la santé des plantes. Plusieurs

mécanismes expliquent ces effets bénéfiques. Les composts peuvent permettre l'activation des mécanismes de défense de la plante (VALLAD *et al.*, 2003).

Elle consiste à donner aux plantes les moyens de se défendre elles-mêmes, ou renforcer leurs propres moyens de défense, plutôt que de combattre directement l'agresseur. Dans cette catégorie se trouvent les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN).

Selon (VILLENAVE *et al.*, 1998), l'apport de compost pendant 6 années successives a eu un effet positif sur les caractéristiques physico-chimiques des sols. Les teneurs en matière organique, en bases échangeables et en phosphore assimilable sont plus élevées dans les parcelles à apport de compost. La préparation du sol (et éventuellement reprise du travail) et l'apport de compost permettent d'améliorer le statut organique du sol par rapport aux autres modes de conduite favorisant, en conséquence, un meilleur développement de la plante cultivée. A titre d'exemple, la production végétale de maïs est plus élevée pour les traitements ayant reçu du compost que pour les traitements avec travail du sol mais sans apport de compost (VILLENAVE *et al.*, 1998).

II.3.2. Effet sur les nématodes.

Le travail du sol, ainsi que l'apport des amendements organiques peuvent avoir une action significative sur la dynamique des populations de nématodes. Ces traitements induisent des modifications de la structure spécifique des peuplements de nématodes phytoparasites en augmentant l'abondance d'une espèce peu pathogène qui pourrait limiter les dégâts dus aux nématodes (VILLENAVE *et al.*, 1998).

L'accroissement de l'activité biologique est plus forte avec un amendement frais que composté. Pour lutter contre les nématodes, l'apport de fumier brut est plus efficace que l'apport de ce même fumier composté. Pendant la décomposition du fumier, dans le sol, il y a production de composés azotés nématocides (NAHAR *et al.*, 2006). L'effet suppressif du compost augmente généralement avec la quantité appliquée.

Les cultures de couverture sont des amendements organiques très utilisés pour la fertilité du sol et le contrôle des maladies. Mc SORLEY et FREDERICK (1999)

signalent que l'incorporation des résidus végétaux augmente généralement le nombre de nématodes libres. Le type de résidus végétaux incorporés au sol agit spécifiquement sur le développement des organismes antagonistes, comme les nématodes prédateurs ou les champignons parasites. A titre d'exemple WANG *et al.* (2001) rapportent que l'incorporation de crotalaire (*Crotalaria juncea*) au sol a augmenté développement des champignons prédateurs de nématodes et des champignons parasites des œufs de *Rotylenchulus reniformis*. Elle favorise également la pullulation des nématodes bactérivores plus que les amendements aux *Brassica napus* ou *Tagetes erecta*.

Une augmentation du nombre de nématodes prédateurs est souvent observée après amendement des sols avec des résidus végétaux, probablement en raison de la prolifération des nématodes libres comme des proies. En effet, l'application de poudre de feuilles de neem ou de la sciure a augmenté le nombre de prédateurs et de nématodes libres dans le sol, tandis les nématodes phytoparasites ont diminué (AKHTAR, 2000).

Certains engrais verts ont la faculté de piéger des pathogènes. Ainsi la moutarde blanche excrète des substances attirant les nématodes. Ceux-ci se fixent sur leurs racines, sont privés de nourriture et meurent (selon CAUBEL, 1985, cite par Le VOYER, 1995).

Les amendements organiques peuvent modifier les propriétés physiques du sol, qui à leur tour peuvent affecter négativement les comportements des nématodes tels que l'éclosion, les mouvements et la survie. Ces changements des sols comprennent de pH, la salinité et la conductivité électrique « CE », le dioxyde de carbone et les concentrations d'oxygène (OKA, 2010).

Chapitre I : Matériels et méthodes

I.1. Objectifs.

Nous avons réalisé cette étude dans le but d'évaluer l'efficacité de trois types de fumiers (camelins, caprins, chevaux) dans le contrôle des nématodes à galles (*Meloidogyne*) et le développement des plants de tomate var. (*Marmande*).

I.2. Méthodologies.

I.2.1. Préparation des amendements organiques testés.

Les biofertilisants employés en apport au sol dans ce travail sont d'origine animal (fumier des camelins, des caprins et des chevaux) provient de la station expérimentale du département de vétérinaire, de l'Université de Blida1. Les fumiers ont été récoltés et étalés sur un papier journal et séchés à l'ombre pendant 10 jours. Après séchage ont été réduits en poudre fine, puis sont déposés dans des sacs en papier jusqu'au moment de leur utilisation. (Figure 6).



Figure6: préparation des fumiers testés (Personnel, 2015).

A : fumier des camelins, B : fumier des caprins, C : fumier des chevaux.

I.2.2. Préparation des doses.

Les doses utilisées pour les fumiers testés sont de l'ordre de 3% du poids du pot (TIMCHENKO et MAIKO, 1989). Après calcul par rapport au poids du pot de 180 g, la dose D_1 est de 5.4g et la demi-dose D_2 est 2.7 g.

Pour la comparaison des résultats nous avons préparé comme témoins positifs :

Partie II : Expérimentation Chapitre I : Matériel et méthodes

• Un Engrais complexe à base de sulfate (15.15.15 NPKs) à une dose de 4,5 g dans un pot de quatre litre (HAMMACHE, 2010) de ce fait dans un pot de 200 ml on a appliqué une dose de 0.225g et une demi-dose de 0.112g (Figure 7).

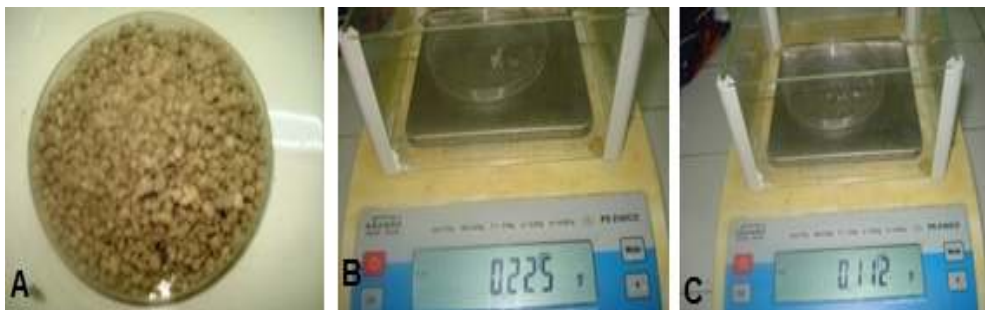


Figure 7: Préparation des doses d'engrais. (Personnel, 2015)

A : NPKs ; B : dose D₁ NPKs; C : demi-dose D₂ NPKs.

• Un nématicide de synthèse commercialisé sous le nom nématex (Figure 8) dont la matière active "Oxamyl" employé après dilution 0,5 l/hl (selon la notice du flacon) de ce fait nous n'avons utilisé que la dose exigée. Nous avons dilué 1,25 ml du produit dans 250 ml d'eau représente la dose D₁, on a arrosé les plante de tomate par 0,5 ml.



Figure 8: Produit nématicide « Nématex » (Personnel, 2015).

I.2.3. Obtention et préparation des larves (L₂) de *Meloidogyne*

Les échantillons de racines de la tomate infestées par les nématodes à galles *Meloidogynespp* ont été collectés en fin de culture dans une serre à Douaouda. Les racines des plants sont ramenés au laboratoire de Zoophytiatrie et lavées à l'eau courante, puis découpées en petits morceaux et mises dans une boîte de pétri en verre en vue d'extraire les masses d'œufs. Cette opération s'est déroulée sous une

loupe binoculaire (Gx10) ou (Gx25), par la méthode de forceps à l'aide de deux aiguilles entomologiques.

Les masses d'œufs isolées des femelles de *Meloidogyne* (15 à 30 masses) sont déposées dans des petits tamis en plastiques de 2 à 4cm de diamètre. Ces derniers sont placés dans des boîtes de Pétris contenant de l'eau. Puis sont mises à l'étuve à 25C° pendant 24 à 48 heures. Ces conditions favorisent l'éclosion des masses d'œufs et la sortie des larves (L₂) (figure 9). Ces dernières sont récupérées en filtrant chaque contenu des boîtes à travers un tamis recouvert d'un papier filtre. Chaque tamis est déposé dans une assiette contenant de l'eau pour permettre le passage actif des nématodes qui seront ensuite récupérés dans des tubes puis comptés à l'aide d'une loupe binoculaire (x40).

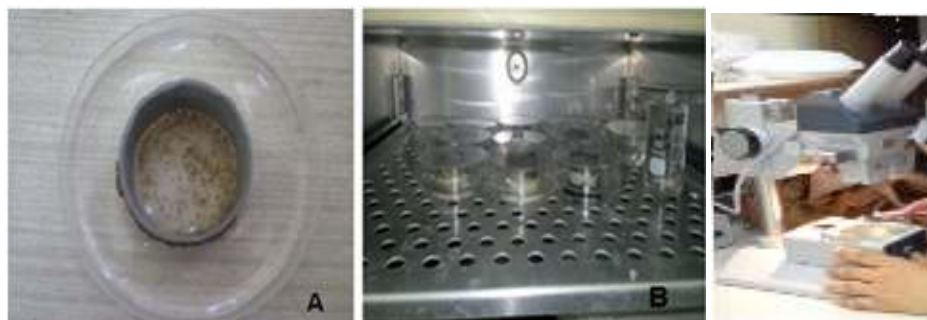


Figure 9: L'obtention des larves (L₂) de *Meloidogyne* (Personnel, 2015).

A : masses d'œufs dans un petit tamis en plastique, **B** : des tamis dans une étuve, **C** : récupération des larves L₂ sous une loupe binoculaire (G x40).

Pour l'infestation, nous avons compté et réparti les larves de *Meloidogyne* en des lots de 100 larves (L₂) dans des tubes à hémolyse. Un total d'environ 3000 larves a été compté.

I.2.4. Préparation du sol.

Nos tests ont été réalisés dans un mélange de sol composé par 1/3 de terre, 1/3 de sable et 1/3 de tourbe. Le sol et le sable proviennent de la station expérimentale du département des Biotechnologies. Ces derniers ont été tamisés (tamis 2mm) puis stérilisés pendant 24h à 200 °C (Figure 10). La tourbe achetée a subi également une stérilisation à 100 °C pendant 24h. Les trois éléments (sol, sable

et tourbe) sont mélangés ensemble puis répartis dans des pots en plastique à raison de 180 g par pot.



Figure 10 : préparation de sol (Personnel,2015).

A : Terre stérilisée ; B : mélange de sol : a : tourbe, b : terre, c : sable.

I.2.5. Préparation du matériel végétal.

Les essais ont été réalisés sur la variété de tomate (*Lycopersicon esculentum* var. « Marmande ») (Figure 11).

Les semences sont déposées dans des alvéoles en plastique contenant de la tourbe imbibée d'eau à raison de deux graines déposées à 0,5 cm de profondeur, recouvertes par une autre couche de tourbe, puis sont installés dans une serre.

Les plants au stade (4 – 5) vrais feuilles ont été transplantés immédiatement dans les pots. On se réfère à ce qui concerne les plantes infestées. Trois jours après transplantation, chaque plant a été inoculé par les larves de *Meloidogyne* (L₂) à raison de 100 L₂/pot au niveau de collet.



Figure 11: Matériel végétal (Personnel, 2015).


















A : plants de tomate dans une alvéole ; B : plants de tomate dans des pots sous serre.



I.2.6. Dispositif expérimentale

Les pots ont été réalisés à un total de 57 pots avec leur sol-plants et leur traitement selon les doses testées à raison de 3 répétitions pour chaque dose et chaque traitement.

Des témoins pour comparer l'effet des traitements ont été préparés, ils sont représentés par un lot de 3 pots sans aucun amendement et infestés avec les larves de *Meloidogyne*(L₂) et un lot de 3 pots neutre sans amendements et sans infestation. Le dispositif expérimental a été mené dans la serre de virologie du département des Biotechnologies à une température moyenne de 35°C. Les plants ont suivi un régime d'irrigation tous les 2 jours et parfois avec les fortes températures les plants étaient arrosés quotidiennement. La durée de l'expérimentation est de 45 jours. Le dispositif expérimental est schématisé sur le tableau qui suit :

Tableau 3 : Schéma du dispositif expérimental.

Doses Traitements	Avec infestation par les larves		Sans infestation	
	D1	D2	D1	D2
Fumier des camelins				
Fumier des chevaux				
Fumier des caprins				
NPK				
Nématicide chimique				

Témoin	Sans infestation sans traitement	avec infestation sans traitement
Témoin		

I.3. Les paramètres analysés.

I.3.1. L'effet biofertilisants des trois fumiers (camelins, caprins, chevaux) sur le développement des plants de tomate var. *Marmande*.

Pour estimer l'effet des fumiers sur le développement des plants de tomate, nous avons examiné dans ce travail deux paramètres à savoir la croissance des plants de tomate en hauteur et la biomasse fraîche de la partie aérienne et des racines ainsi la floraison.

I.3.1.1. Effet sur la croissance des plants.

Pour estimer la croissance des plants de tomate, la hauteur initiale des plants de tomate a été mesurée avant la transplantation. Pendant les 45 jours du suivi expérimental nous avons pris les mensurations de tous les plants à l'aide d'une règle graduée du collet jusqu'au bourgeon terminal de la bifurcation principale tous les quinze jours (figure 12).



Figure12: Prise de la hauteur des plants.

Pour estimer la croissance moyenne journalière nous avons utilisé la formule suivante : $(H_f - H_i) / H_i * 100 / T$.

H_f: Hauteur Final ; **H_i**: Hauteur Initial ; **T**: temps (durée d'expérimentation: 45jours).

I.3.1.2. Effet sur la biomasse fraîche des parties aériennes et des racines des plants.

A la fin de l'expérimentation (45 jours) les plants sont dépotés, la partie aérienne est séparée des racines pour chaque plant puis rincé délicatement et séché avec du papier absorbant. Ensuite, elles sont pesées séparément à l'aide d'une balance de précision pour estimer leurs biomasses (figure 13), puis examinées sous loupe binoculaire pour dénombrement des galles si présentes.



Figure 13: le poids sec des racines (Personnel, 2015).



Figure 14: racine saine (sans galles). Figure 15 : racine infesté

(Présence des galles).

Les parties aériennes sont à leurs tours pesés pour estimer le poids frais.



Figure16: le poids sec des parties aériennes (Personnel, 2015).

I.3.1.3. Effet sur la floraison des plants de tomate.

Pour évaluer la floraison nous avons examiné chaque répétition des plants traités et témoin à la fin de l'expérimentation. Les fleurs ont été dénombrées.

I.3.2. L'effet des traitements dans le contrôle des nématodes à galles.

I.3.2.1. Effet sur le taux d'infestation des plants de tomate par les *Meloidogyne* (nombre de galles) :

Après la prise du poids des racines ceux qui ont été infesté sont mises de côté dans des boites de Pétris afin d'examiner et d'estimer le degré d'infestation par les larves (L_2) de *Meloidogyne*. Cette étape est réalisée sous loupe binoculaire (Gx10) et en dénombrant les galles sur tout le système racinaire (figure 17).

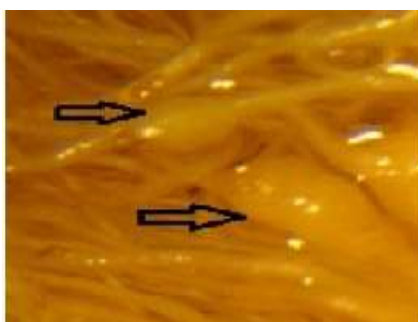


Figure 17:les galles sur les racines de tomate (Grx10).

I.3.2.2. Effet des traitements sur le développement des adultes (mâles et femelles) de *Meloidogyne* /g de racines.

Après le dénombrement des galles, les femelles et les mâles de *Meloidogyne* sont dénombrés dans (1g de racines) (PHILIS, 1994). 10 galles choisies au hasard pour chaque répétition et chaque dose des trois fumiers testés. Ces galles sont dilacérées à l'aide d'aiguilles entomologiques sous loupe binoculaire (Gx10), les femelles présentes sont comptées (Figure 18). En ce qui concerne les mâles, les galles ouvertes ne contenant pas de femelle ni aucun autre stade de développement sont considérées comme étant occupées par un mâle qui après maturation a quitté son habitat.



Figure 18: femelles de *Meloidogyne* sous loupe binoculaire (Gx25) (Personnel, 2015).

I.3.2.3. Effet sur la fertilité des œufs.

Dans le but d'évaluer l'effet des traitements sur la fertilité des œufs, nous avons prélevé au hasard 5 masses d'œufs pour chaque traitement et répétition. Ces derniers sont placés dans des microplaques de culture cellulaire contenant de l'eau. Les larves sont comptées chaque jour pendant une semaine dans l'eau sous-jacente qui est renouvelée (figure 19).

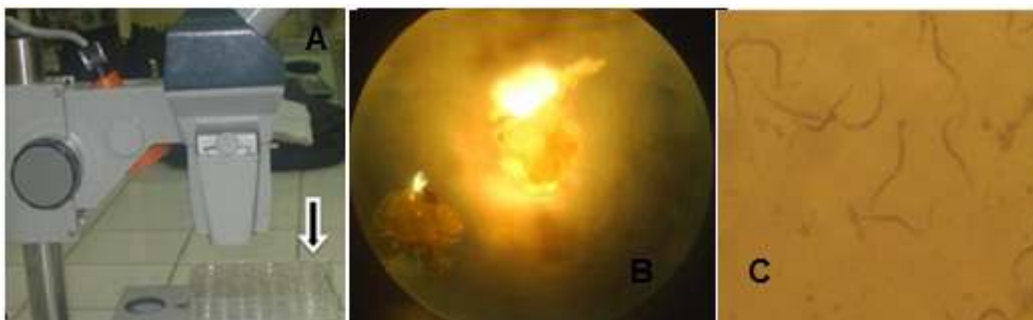


Figure 19: étude de la fertilité des œufs de *Meloidogyne* sous loupe binoculaire (G×25) (Personnel, 2015).

A, B : masses d'œufs dans des microplaques de culture cellulaire ; C : larves de *Meloidogyne* écloses.

I.3.2.4. Effet sur la fécondité des femelles de *Meloidogyne*.

Pour évaluer l'effet des traitements sur la fécondité des *Meloidogyne*, nous avons pris les masses d'œufs qui ont servi à l'étude de la fertilité. Les 5 masses de chaque traitement et répétition sont mises dans des microplaques de culture cellulaire et dissociées dans une solution d'hypochlorite de sodium (NaClO) à 0.5% qui permet la dissolution de la masse gélatineuse et la séparation des œufs (HUSSEY et BARKER, 1973). Ainsi tous les œufs (figure 20) sont comptés. La fécondité par femelle est calculée en considérant la moyenne des œufs des 5 masses.

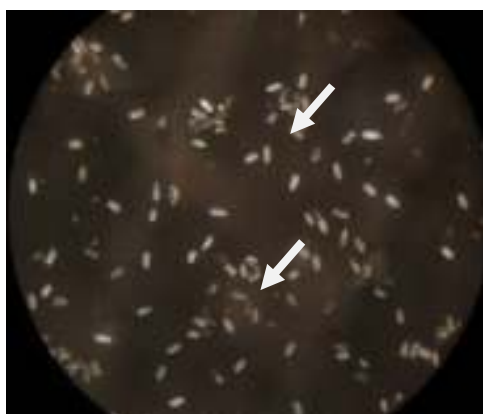


Figure 20: les œufs de *Meloidogyne* après dissociation des masses gélatineuses (Personnel, 2015).

I.4. Exploitation des résultats.

Les données recueillies sur l'efficacité des amendements testés sont analysées statistiquement afin d'évaluer leur effet sur la régulation des *Meloidogyne* d'une part et leur action bio-fertilisante sur les plants de tomate. Pour cela nous avons fait appel à l'analyse de la variance Modèle Linéaire Global (GLM) (SYSTAT VERS. 7, SPSS 1997).

Chapitre II : Résultats et discussion.

II.1. Evaluation de l'efficacité des amendements apportés sur le développement de la tomate var. *Marmande*.

II.1.1. Effet des amendements sur la croissance moyenne des plantes.

La figure 21, illustre les résultats de l'effet des différents traitements testés et leurs concentrations sur la croissance des plants en fonction du temps.

Les résultats révèlent des variations temporelles de la croissance moyenne des plantes en étroite relation avec les traitements et leurs doses. Après 45 jours de suivi la comparaison des différents apports a montré que l'incorporation au sol des différents fumiers (chevaux, camelins, caprins) a présenté un effet positif sur la croissance moyenne des plants de tomate par rapport au témoin. La croissance la plus élevée est observée pour les plants traités par le fumier de cheval à faible dose $D_2 = 33$ cm. L'efficacité de ce biofertilisant est supérieure à celle du fertilisant chimique « NPK » (D_1, D_2 ; 30.67, 30.33 cm). La croissance moyenne la plus faible des plants est obtenue avec le fumier de caprin à faible dose $D_2 = 28.17$ cm.

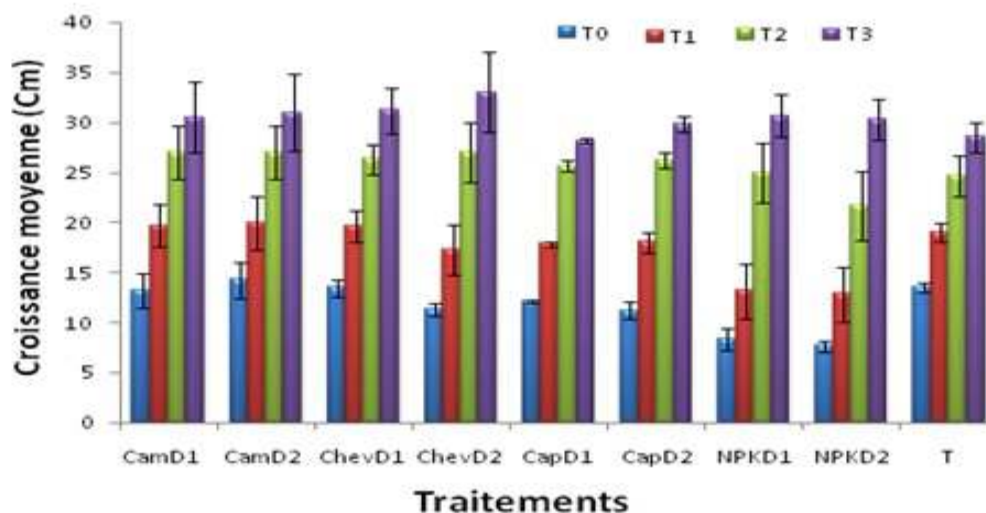


Fig. 21 : Variation de la croissance des plants de tomate en fonction des amendements et du temps.

Cam : fumier des camelins, **Chev** : fumier des chevaux, **Cap**: fumier des caprins, **T**: témoin, **NPK**: Fertilisant chimique, **D₁**: dose, **D₂**: demi dose.

Pour interpréter nos résultats nous avons appliqué l'analyse de la variance modèle G.L.M. aux résultats obtenus. Le tableau 4, montre que la croissance moyenne varie d'une manière très hautement significativement dans le temps et selon le type de traitement ($p=0.000$; $p < 0.05$). Par contre, par rapport aux doses la différence est non significative ($P=0.418$ $P > 0,05$).

Tableau 4: Modèle G.L.M. appliquée à l'effet des amendements sur la croissance moyenne des plants de tomate.

Source	somme des carrés	DLL	moyen carré	F-ratio	p-value
Traitements	129.875	4	32.469	7.125	0,000
Doses	3.010	1	3.010	0.661	0.418
Temps	5568.667	3	1856.222	407.360	0.000
Erreur	451.115	99	4.557		

La figure 22 confirme l'efficacité des amendements sur la croissance des plantes de tomate. En général les biofertilisants testés s'avèrent efficaces par rapport fertilisant chimique (NPK). Cependant, au niveau des doses leur action est similaire.

La croissance des plants de tomate varie dans le temps quelque soit le traitement apporté.

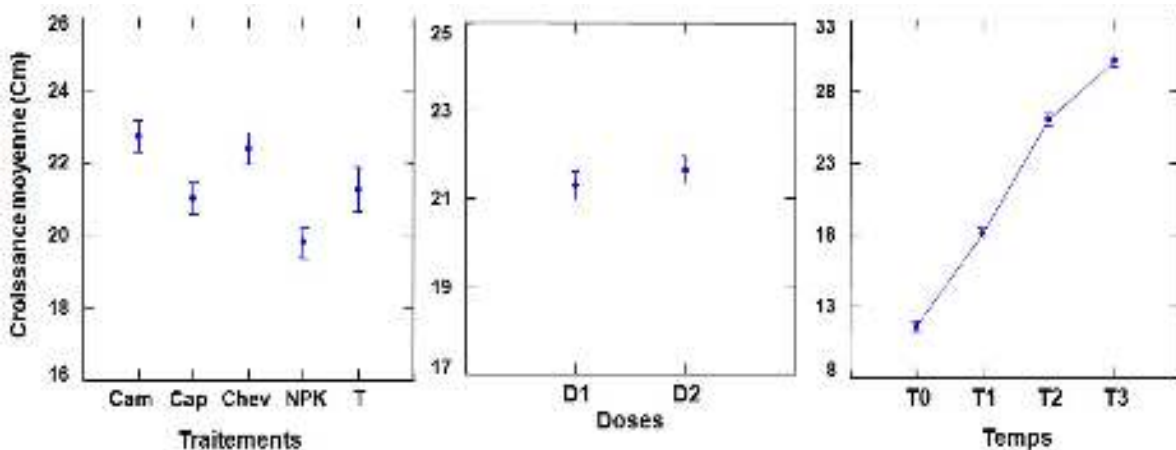


Fig. 22 : Effet des traitements, doses et temps sur la croissance moyenne des plants de la tomate.

II.1.2. Effet des traitements sur la croissance journalière moyenne des plants de tomate.

D'après les résultats représentés dans la figure 23 nous remarquons que la croissance journalière des plants de tomate varie en fonction du type de traitements et sa concentration.

Comparé au témoin, la croissance journalière moyenne maximale a été enregistrée avec les plants traités avec NPK (D1, D2 ; 1.61, 1.68 cm). Les plants traités par le fumier des chevaux à faible dose (D2) leur croissance est comparable au témoin. Pour les autres amendements la croissance journalière est faible les valeurs sont inférieures à celle du témoin (1.58 cm).

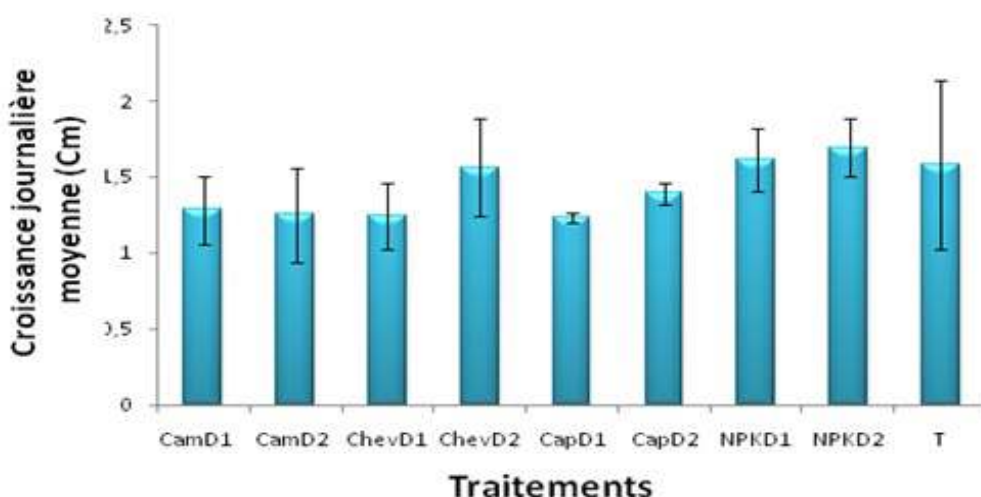


Fig. 23: Effet des amendements sur la croissance journalière de la tomate

Cam : fumiers des camelins, **Chev** : fumiers des chevaux, **Cap** : fumiers des caprins, **T** : témoin, **NPK** : Fertilisant chimique, **D₁**: dose, **D₂**: demi dose.

Pour interpréter nos résultats nous avons effectué l'analyse de la variance modèle (GLM). Les résultats représentés sur le tableau 5 dévoilent des différences non significatives quand à l'effet stimulant des amendements de la croissance journalière de la tomate ($p=1.000$, $p>0.05$) et leurs doses ($p=0.147$, $p>0.05$).

Tableau 5 : Modèle G.L.M. appliquée à l'effet des amendements sur la croissance journalière moyenne des plants.

Source	somme des carrés	DLL	moyen carré	F-ratio	p-value
Traitements	0.0	3	0.0	0.000	1.000
Doses	10.140	1	10.140	2.292	0.147
Erreur	0.667	21	0.032		

En comparaison avec le témoin la figure 24 dévoile l'impact similaire de tous les amendements testés.

En ce qui concerne les doses des apports la différence est non significative malgré que la faible dose (D2) semble être plus efficace dans la croissance des plants que la forte dose (D1).

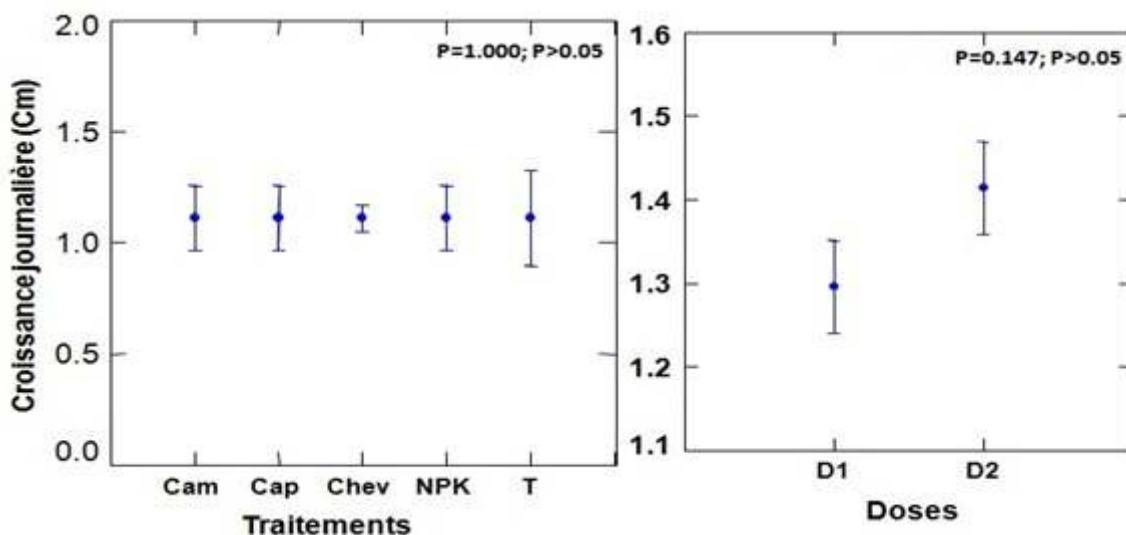


Fig. 24 : Effet des différents traitements sur la croissance journalière de la tomate.

II.1.3. Effet des traitements sur la biomasse racinaire.

Les résultats représentés dans la figure 25, résument l'effet des traitements et leurs doses sur la biomasse fraîche des parties racinaire. Ce paramètre étudié dépend du type d'amendement et de sa dose.

La biomasse fraîche des racines de tomate la plus élevée est enregistrée avec l'application du fumier des caprins à la faible dose (D2 : 4.80g), suivi par le fumier des chevaux à forte dose et camelins à la faible dose (D1 : 4.43 ; D2 : 4.43g). Pour les autres apports restants les résultats montrent que leur action sur le développement des racines est presque similaire.

En comparant les résultats avec le poids des témoins (2.73g), les résultats montrent que les amendements testés stimulent fortement la biomasse des racines de la tomate. Leur effet est meilleur que le fertilisant chimique (NPK) dont les biomasses des racines pour les doses (D1, D2) sont respectivement de (2.96 et 2.36 g).

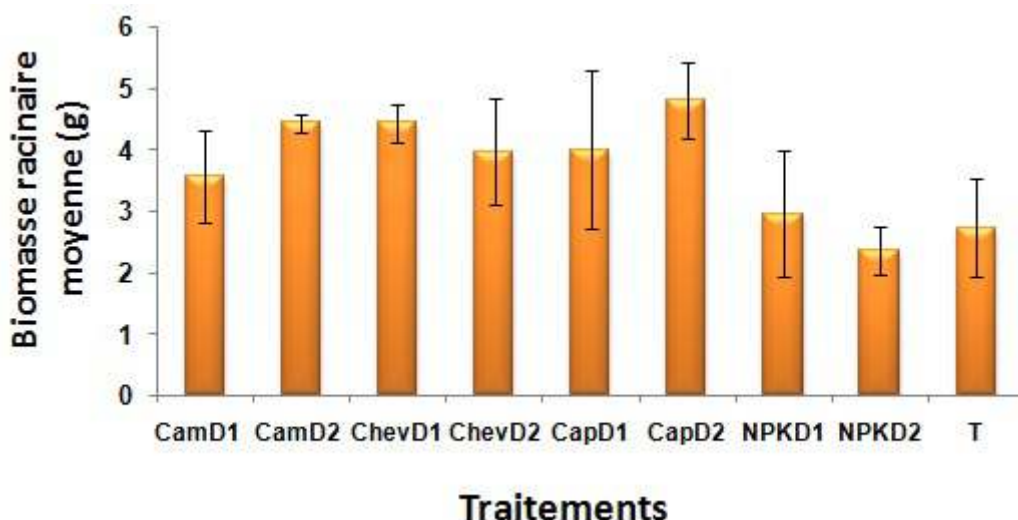


Fig. 25: Variation de la biomasse racinaire (g) des plantes de tomate

Cam : fumiers des camelins, **Chev** : fumiers des chevaux, **Cap**: fumiers des caprins, **T**: témoin, **NPK** : Fertilisant chimique, **D₁**: dose, **D₂**: demi dose

Les résultats obtenus sont estimés à l'analyse statistique modèle G.L.M. tableau 6. Ces derniers dévoilent que la croissance des racines de la tomate varie d'une manière hautement significative selon le type de traitement ($p=0.004$; $p < 0.05$). Mais pour les doses, elles sont non significatives ($P=0,795$; $P > 0,05$).

Tableau 6: Modèle G.L.M. appliqué à l'action des traitements et des doses utilisées sur la biomasse racinaire.

Source	somme des carrés	DLL	moyen carré	F-ratio	p-value
Traitements	12.579	4	3.145	5.446	0.004
Doses	0.042	1	0.042	0.069	0.795
Erreur	12.125	21	0.577		

La figure 26 confirme bien la différence entre le témoin et les traitements, les amendements apportés agissent de façon positive dans la multiplication du système racinaire et l'augmentation de la biomasse racinaire des plants de la tomate.

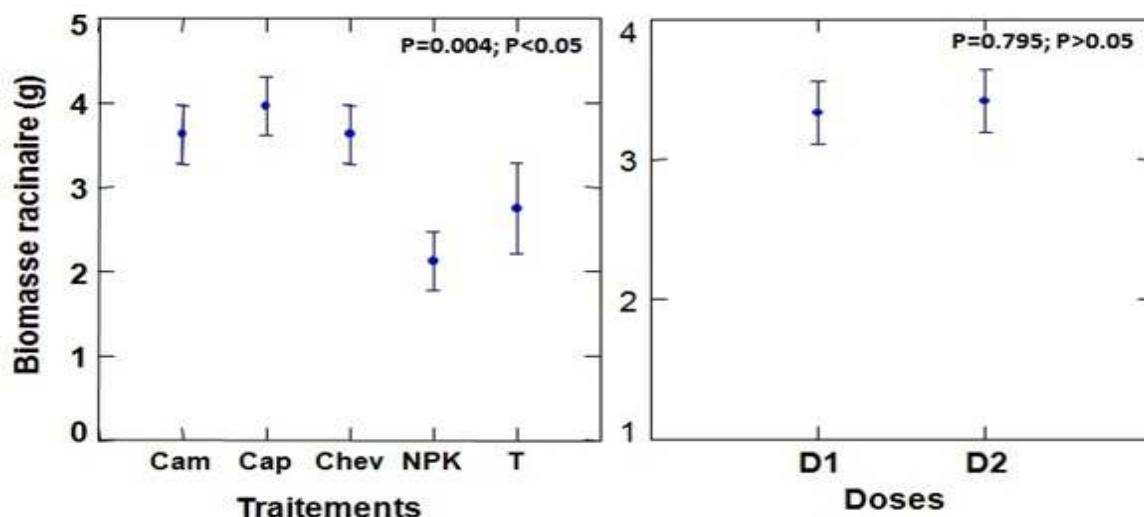


Fig. 26 : Effet des différents traitements sur la biomasse racinaire des plants

II.1.4. Effet des traitements sur la biomasse aérienne.

Comparé aux plants témoins, les résultats montrent que la biomasse fraîche des parties aériennes de la tomate n'est pas affectée par les amendements testés. Ils sont en général comparables au témoin (figure 27). Cependant, la faible biomasse est enregistrée avec le fumier des chevaux à faible dose (D2=9.86g).

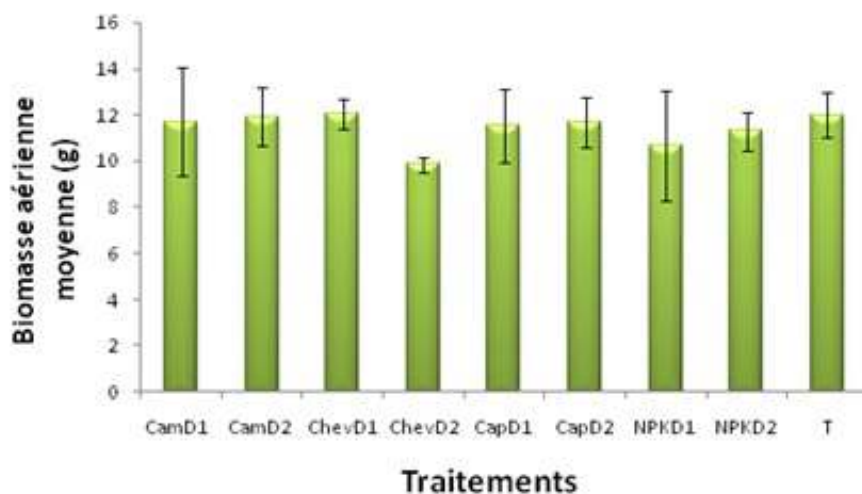


Fig. 27: Variation du poids aérien des plants de tomate en fonction des amendements

Cam : fumiers des camelins, **Chev** : fumiers des chevaux, **Cap** : fumiers des caprins, **T** : témoin, **NPK** : Fertilisant chimique, **D₁** : dose, **D₂** : demi dose.

L'application du modèle G.L.M. à la variation de la biomasse aérienne des plants en fonction des traitements et leurs doses (Tableau 7) montre des différences non significatives ($p=0.657$, $p>0.05$ et $p=0.704$, $p>0.05$).

Tableau 7: Modèle G.L.M. appliqué à l'effet des amendements sur la biomasse aérienne des plants de tomate.

Source	somme des carrés	DLL	moyen carré	F-ratio	p-value
Traitements	5.833	4	1.458	0.615	0.657
Doses	0.375	1	0.375	0.149	0.704
Erreur	49.792	21	2.371		

En comparaison avec le témoin la figure 28, montre que les biofertilisants testés quelque soit la dose ne divulguent aucune efficacité sur le poids frais des parties aériennes des plants de tomate.

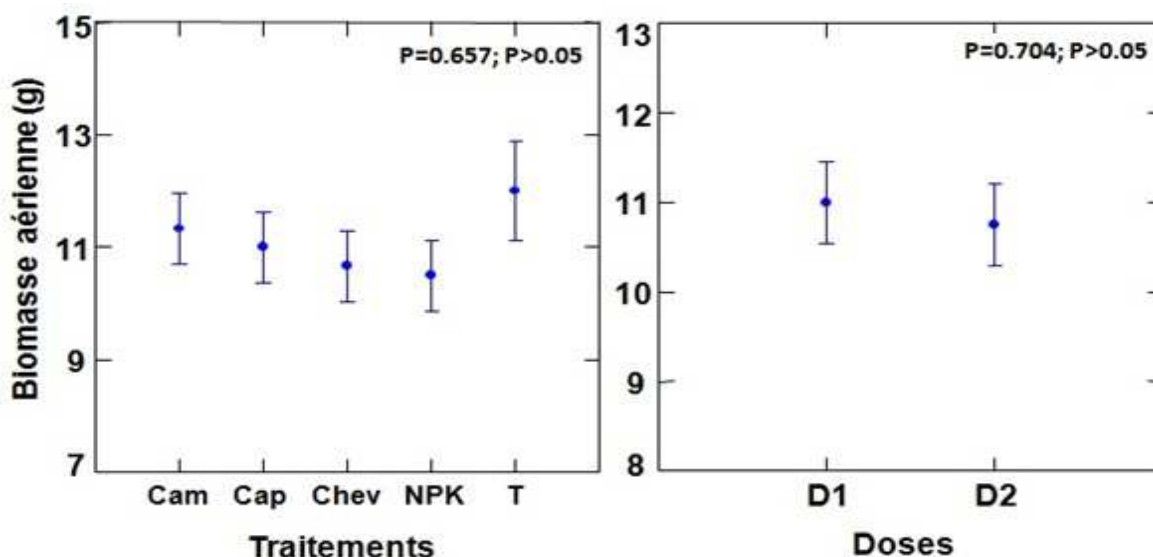


Fig. 28: Effet des différents traitements sur la biomasse aérienne des plants de tomate.

II.1.5. Effet des traitements sur la floraison

Les résultats représentés dans la figure 29 résument l'effet des traitements et leurs doses sur la floraison des plants de tomate. Ce paramètre étudié dépend du type d'amendement et de sa dose.

En comparaison avec le témoin, le nombre de fleur moyen le plus élevé est enregistré après l'application de fumier des caprins à la dose D₂ (4.33), suivi par celui des plants traités par le fumier des camelins à la dose D₂ (3.67). Les autres

traitements notamment le fertilisant chimique (NPK) n'ont pas contribué à une bonne floraison.

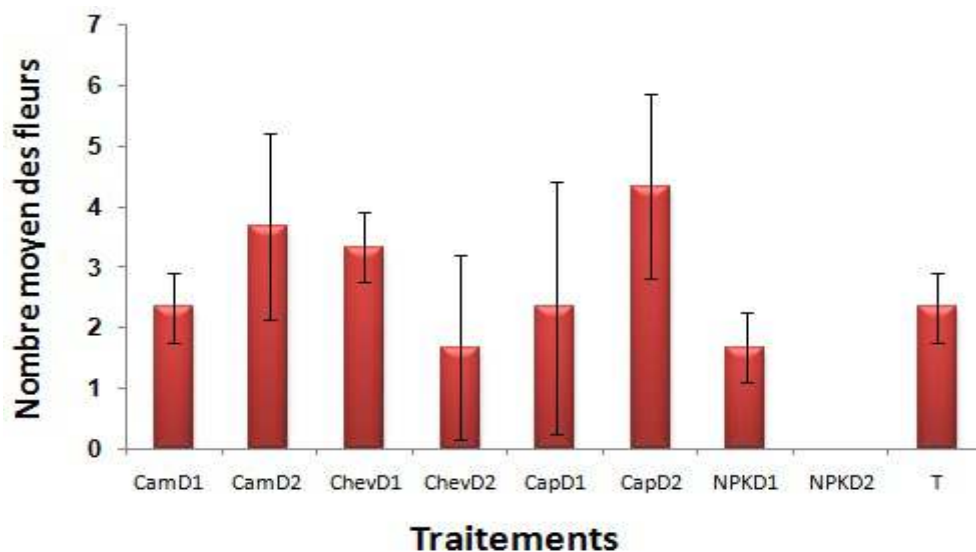


Fig. 29: Variation de nombre de fleur de plant de tomate en fonction des amendements et du temps.

Cam : fumiers des camelins, **Chev** : fumiers des chevaux, **Cap**: fumiers des caprins, **T**: témoin, **NPK**: Fertilisant chimique, **D₁**: dose, **D₂**: demi dose

L'analyse des données par le modèle (GLM), dévoilent (tableau 8) que les biofertilisants testés n'affectent pas sur la formation des fleurs de la tomate ($p=0.128$, $p>0.05$). Ainsi que les doses testées ($p=0.454$, $p>0.05$).

Tableau 8: Modèle G.L.M. appliqué à l'effet des amendements sur la floraison de plante de tomate.

Source	somme des carrés	DLL	moyen carré	F-ratio	p-value
Traitements	15.000	3	5.000	2.121	0.128
Doses	1.500	1	1.500	0.584	0.454
Erreur	49.500	21	2.357		

En comparaison avec le témoin la figure 30 montre que les biofertilisants testés n'aperçoivent aucun pouvoir sur le développement des fleurs des plants de tomate. Relativement aux doses leur agissement est négligeable.

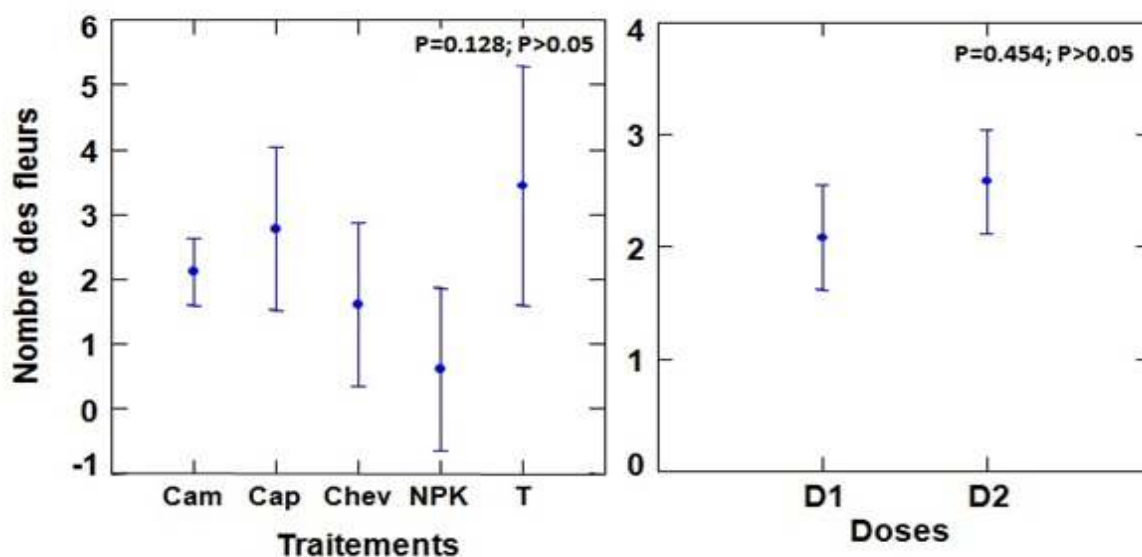


Fig. 30: Effet des traitements sur la floraison des plants de la tomate.

II.2. Efficacité des traitements testés dans la régulation du développement des nématodes à galles.

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

Les résultats (figure 31) montrent qu'en comparaison au témoin non traité (33.67 galles) les amendements organiques apportés ont réduit sensiblement le taux d'infestation des plants de tomate par les *Meloidogyne*. Toutefois, la diminution des infestations est en étroite relation avec les doses des biofertilisants. En effet, les fortes doses testées ont montré une réduction très importante des galles. Parmi les apports, le fumier des chevaux appliqué à forte dose a entraîné la plus importante diminution du nombre de galles (D1= 8.33 galles), suivi par les plants traités par le fumier des camelins (D1= 9 ; D2= 9.67 galles). Le fumier des caprins s'avèrent moins efficace dans la régulation des infestations des plants de tomate (D1= 19.33 et D2= 24.33 galles).

En ce qui concerne le fertilisant chimique (NPK) a dévoilé une activité importante dans la réduction des infestations par les *Meloidogyne* à forte dose (D1= 3.44 galles). Alors qu'à faible dose (NPK) l'effet des fumiers des (Camelins et Chevaux) ont révélé un effet biocide plus élevé. Le nématicide de référence (Oxamy) à la dose prescrite a bien protégé les plants de tomate des infestations (0 galles).

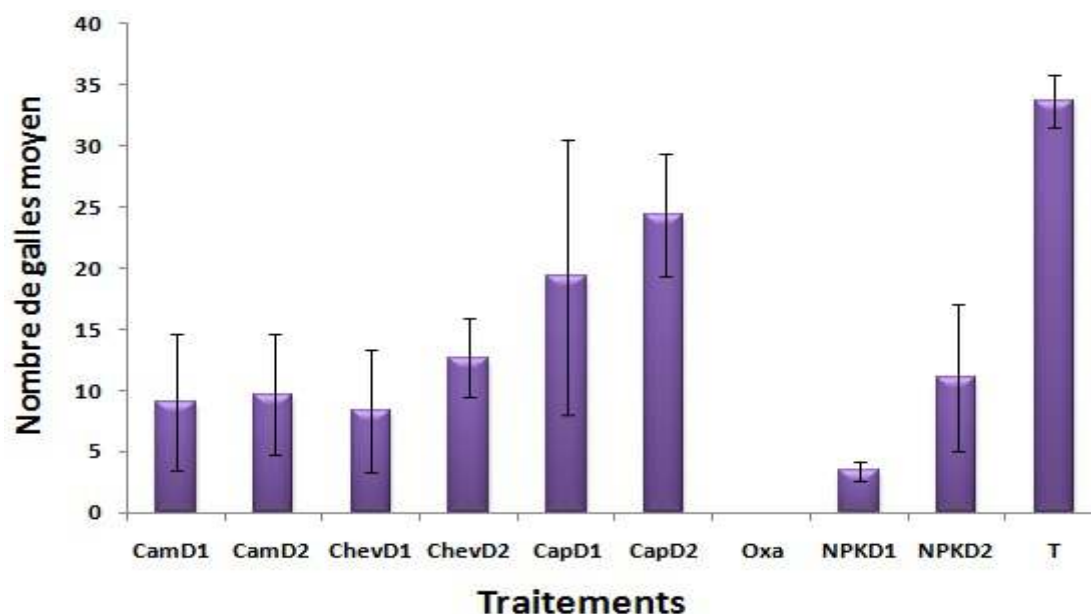


Fig. 31: Effet des amendements sur le degré d'infestation des plants

Cam : Fumiers des camelins, **Chev** : Fumiers des chevaux, **Cap**: Fumiers des caprins, **Oxa** : Nématicide chimique, **NPK** : Engrais chimique, **T**: Témoin (sans fumigant avec nématodes), **D₁**: Dose, **D₂**: Demi dose

L'application du modèle G.L.M. aux résultats obtenus (tableau 9), nous permet de déduire que le taux d'infestation évalué par le nombre moyen de galles varie significativement d'un point de vue traitements ($P=0,000$; $P < 0,05$) et doses ($P=0.039$; $P > 0,05$).

Tableau 9: Modèle G.L.M. appliqué à la variation des infestations des plants par les *Meloidogyne* (nombre de galles)

Source	somme des carrés	DLL	moyen carré	F-ratio	p-value
Traitements	2746.137	5	549.227	20.535	0.000
Doses	140.167	1	140.167	4.853	0.039
Erreur	615.167	23	26.746		

La figure 32 relative aux différents traitements aperçoit l'efficacité des biofertilisants testés dans la réduction des infestations des racines par *Meloidogyne*. Le fumier des camelins et des chevaux ont dévoilé une action très importante dans la diminution du nombre de galles qui se rapproche de l'action au fertilisant chimique (NPK). Par ailleurs le moins actif contre les *Meloidogyne* s'avère le fumier de caprins.

En ce qui concerne la dose, la forte dose (D1) est plus efficace que la faible dose (D2).

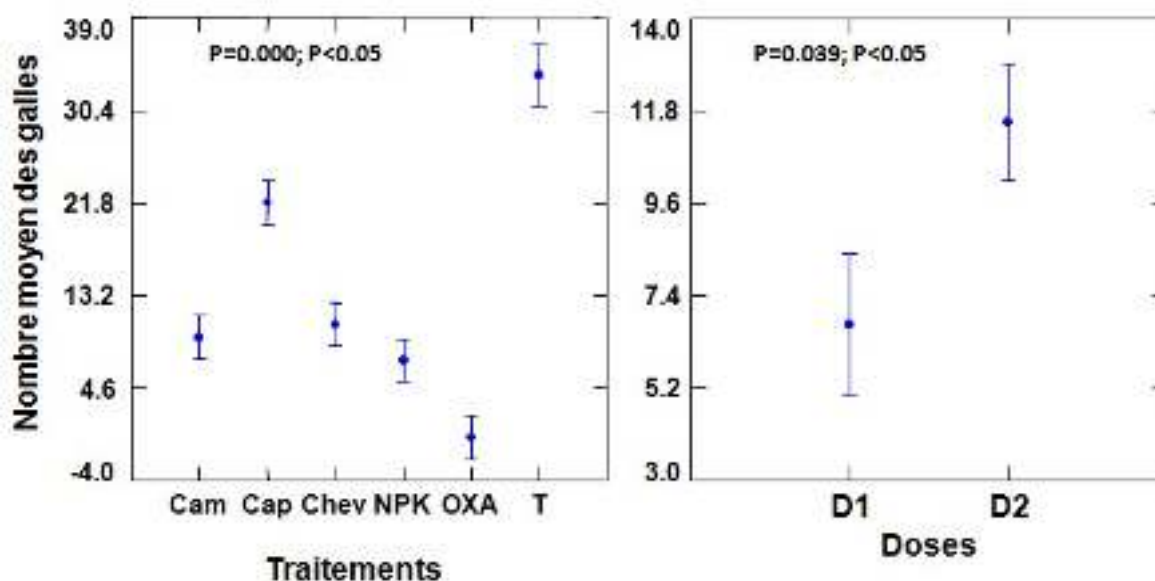


Fig. 32: Effet des différents traitements sur l'infestation des racines.

II.2.2. Effet sur le développement des adultes (males et femelles)

Les résultats obtenus (fig. 33) dévoilent que le nombre moyen des femelles et des mâles varie en fonction des traitements testés avec une abondance des femelles par rapport aux mâles. En comparaison avec le témoin nous enregistrons en général qu'au cours du développement de la 1^{ère} génération, les amendements apportés entraînent une diminution du nombre de femelles et une légère augmentation du nombre de mâles. Parmi les biofertilisants, l'effectif moyen le plus faible des femelles est obtenu avec l'apport du fumier des camelins à forte dose (D1= 4.66 femelles), ce résultat se rapproche de celui du fertilisant chimique « NPK » à la forte dose (D1= 3.67 femelles). Le fumier des chevaux pour les deux doses (D1= 6.33, D2= 6.33 femelles) occupe la seconde position dans la réduction du nombre de femelles.

Quand au développement des mâles, le fumier des chevaux à faible dose a participé à la masculinisation de la population (D2= 3.33 mâles) ainsi que celui des camelins à forte dose (D1= 2 mâles).

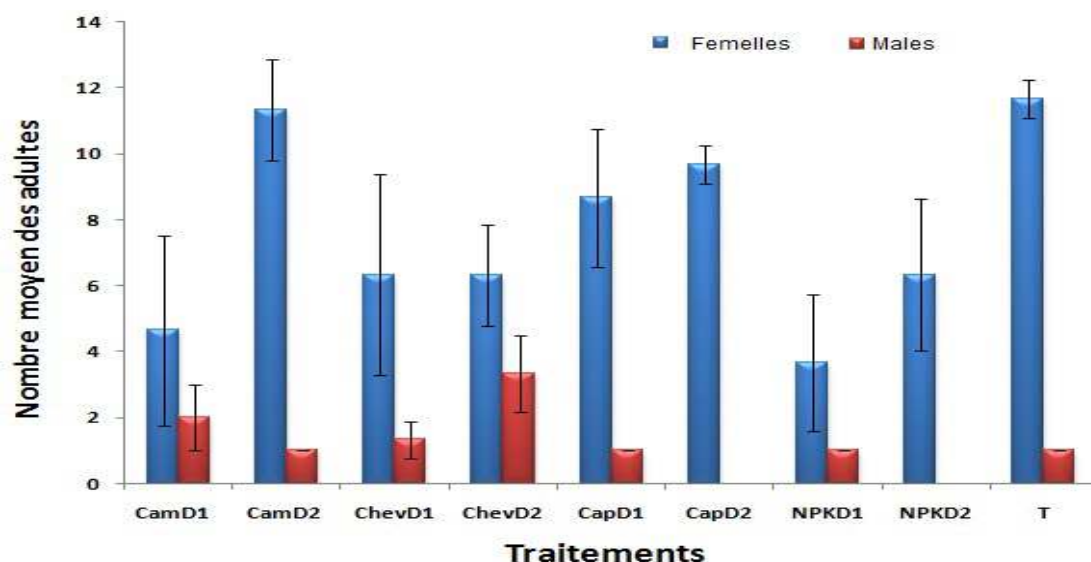


Fig. 33: Variation de développement des adultes male et femelle en fonction des amendements.

Cam : Fumiers des camelins, **Chev** : Fumiers des chevaux, **Cap**: Fumiers des caprins, **Oxa** : Nématicide chimique, **NPK** : Engrais chimique, **T**: Témoin (sans fumigant avec nématodes), **D₁**: Dose, **D₂**: Demi dose

L'analyse des données par le modèle G.L.M. (Tableau 10) montre que les traitements agissent d'une manière significative sur le développement des adultes ($P=0.024$; $p < 0.05$). La formation des stades mâles et des femelles montre une différence très hautement significative ($P=0.000$; $p < 0.05$). Cependant, la dose affecte marginalement la formation des adultes la probabilité est de ($P=0.066$; $p > 0.05$).

Tableau 10: Modèle G.L.M. appliqué à la variation du développement des adultes.

Source	Somme des carrés	DLL	moyen Carré	F-ratio	P
Traitements	58.870	4	14.718	3.100	0.024
Doses	16.333	1	16.333	3.565	0.066
Stade adulte	560.667	1	560.667	118.079	0.000
Erreur	223.167	47	4.748		

Il apparaît sur la figure 34 une diminution identifiable du développement des adultes mâles et femelles avec l'application des différents biofertilisants en comparaison avec le témoin. Toutefois le fumier des chevaux semble plus efficace dans la diminution de la formation des femelles et participe aussi dans la masculinisation de la 1^{ère} génération des *Meloidogyne*. Réciproquement au fertilisant chimique « NPK » qui réduit sensiblement aussi bien les femelles que les

mâles. En ce qui concerne le développement des stades quelque soit le traitement nous marquons une dominance des femelles par rapport aux mâles.

Cependant, les résultats dévoilent que la concentration des produits agit faiblement sur le développement des adultes.

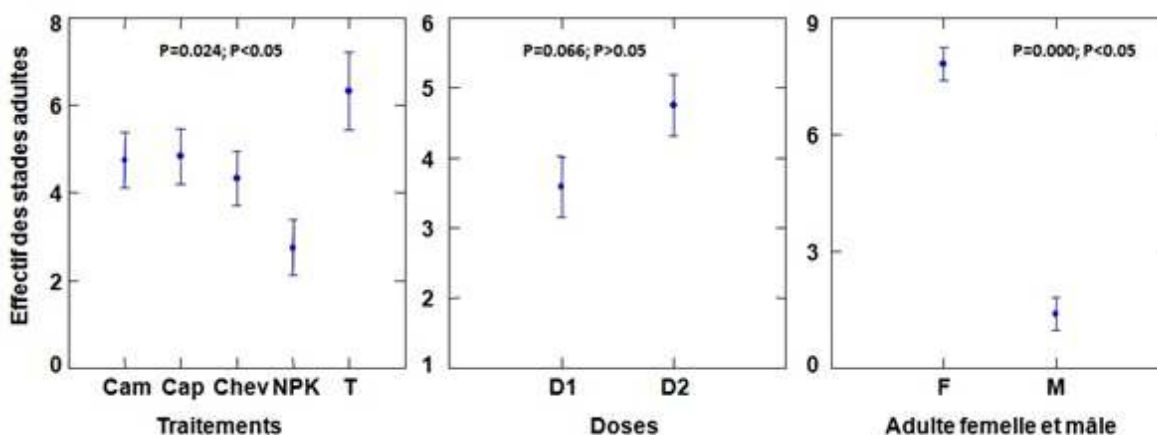


Fig. 34: Effet des traitements sur le développement des adultes.

II.2.3. Effet sur la fécondité des femelles.

II.2.3.1. Effet sur le nombre de masses d'œufs.

Les résultats représentés dans la figure 35 synthétisent l'effet des traitements et leurs doses sur la production des masses d'œufs par gramme de racine.

En effet, comparé au témoin non traité (10 masses), les amendements biologiques ont montré une efficacité dans la réduction de la fécondité des femelles des *Meloidogyne*. La réduction maximale est obtenue avec l'apport de fumier des camelins à forte dose (D1= 3.33 masses). Suivi par le fumier des chevaux à faible dose (D2= 4.33 masses). Dont l'efficacité se rapproche à celle du NPK à faible dose (D2= 4 masses).

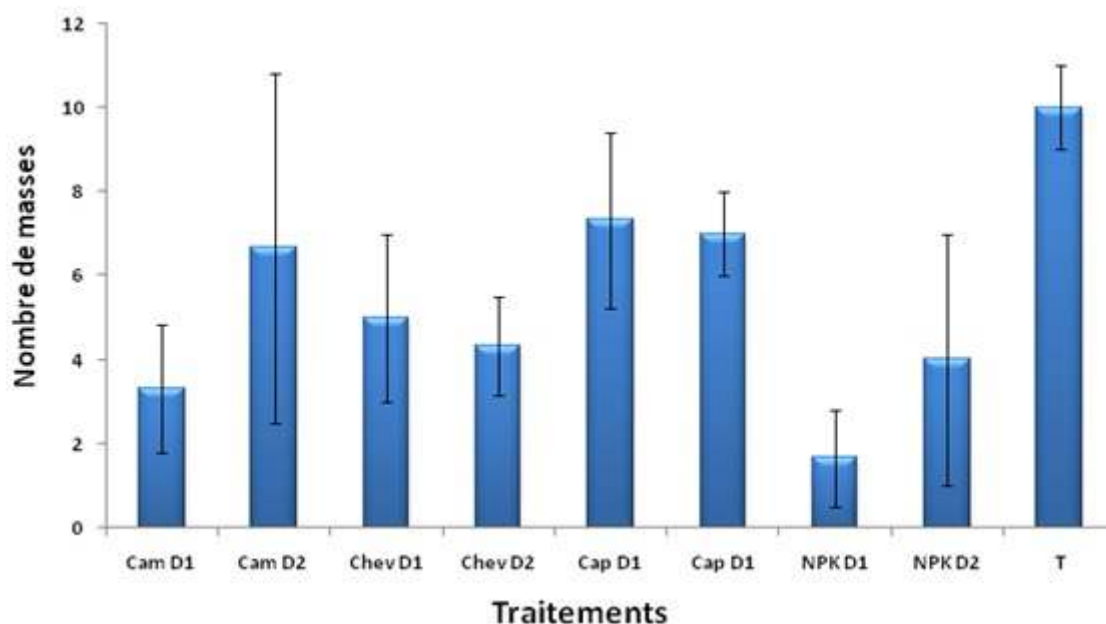


Fig. 35: Variation du nombre de masses d'œufs en fonction des amendements

Cam : Fumiers des camelins, **Chev** : Fumiers des chevaux, **Cap**: Fumiers des caprins, **Oxa** : Nématicide chimique, **NPK** : Engrais chimique, **T**: Témoin (sans fumigant avec nématodes), **D₁**: Dose, **D₂**: Demi dose.

L'application du Modèle Linéaire Général (G.L.M) (tableau 11) sur la production des masses d'œufs par les *Meloidogyne* montre une différence très significative quand à l'action des amendements ($P=0,001$; $p < 0.05$). En ce qui concerne l'effet de concentrations la différence est non significative ($p=0.225$; $p > 0.05$).

Tableau 11 : Effet des différents traitements sur le nombre de masse d'œufs.

Source	somme des carrés	DLL	moyen carré	F-ratio	p-value
Traitements	125.741	4	31.435	6.547	0,001
Doses	8.167	1	8.167	1.570	0.225
Erreur	100.833	21	4.802		

En comparaison avec le témoin la figure 36 confirme l'efficacité de différents traitements dans la diminution de nombre moyen de masse d'œufs pondue par les femelles de *Meloidogyne*. Une réduction importante du nombre de masses d'œufs est enregistrée avec les plants traités par le fumier du cheval.

La dose des amendements testés aperçoivent une très faible action sur la fécondité des *Meloidogyne*.

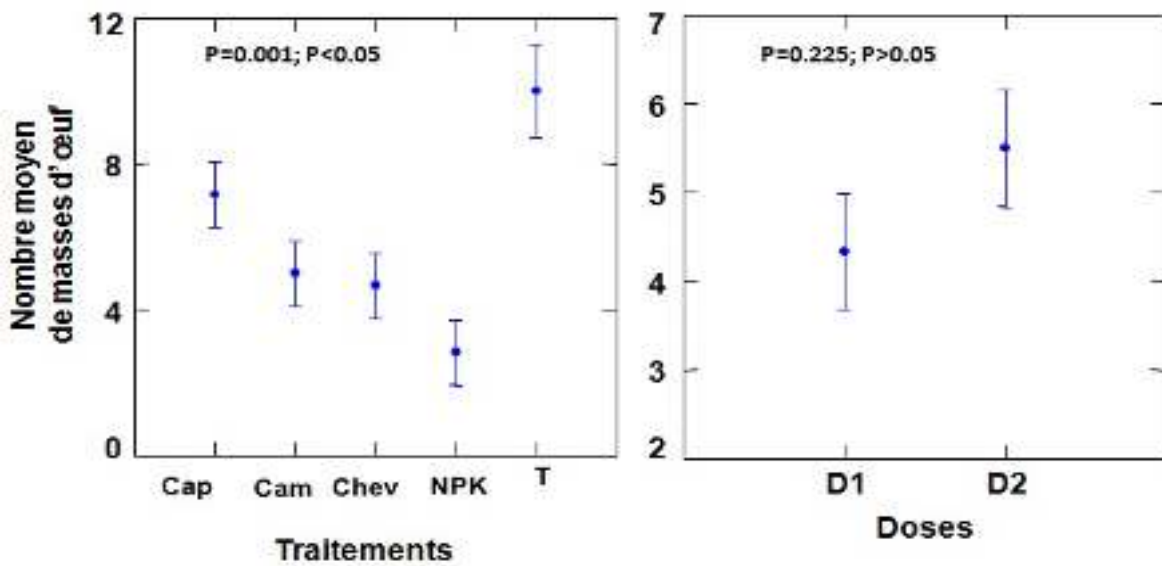


Fig. 36: Effet des différents traitements sur la fécondité moyenne des *Meloidogyne*.

II.2.3.2. Effet sur la fécondité par femelle de *Meloidogyne*.

La figure 37, illustre en comparaison avec le témoin (139.73 œufs), une perturbation de la fécondité des femelles selon le type de traitement appliquée. En effet, tous les apports ont engendré une réduction de la fécondité par femelles de *Meloidogyne*. En général la bio-fertilisation à la base de fumier des chevaux à faible dose a provoqué une forte diminution de la fécondité de *Meloidogyne*. L'effectif moyens des œufs pondus par femelle est de (D2= 27.4 œufs). Leur efficacité est supérieure à celle du NPK à faible dose (55,2 œufs).

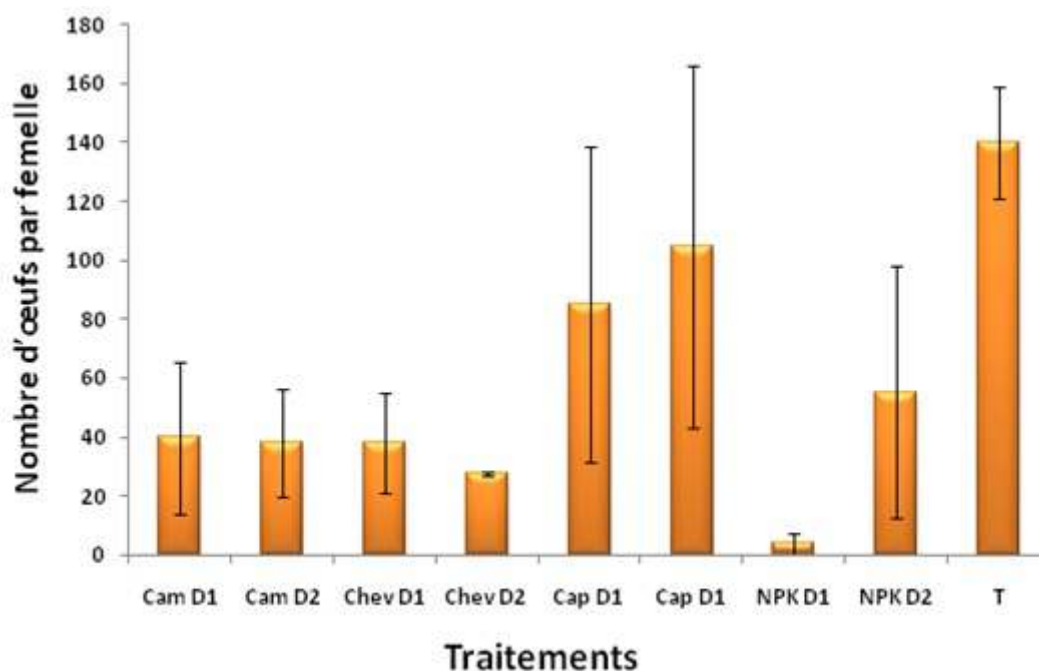


Fig. 37: Variation de la fécondité par femelle de *Meloidogyne* en fonction des amendements

Cam : Fumiers des camelins, **Chev** : Fumiers des chevaux, **Cap**: Fumiers des caprins, **Oxa** : Nématicide chimique, **NPK** : Engrais chimique, **T**: Témoin (sans fumigant avec nématodes), **D₁**: Dose, **D₂**: Demi dose.

Pour interpréter nos résultats nous avons appliqué l'analyse de la variance modèle G.L.M. aux résultats obtenus. Le tableau 12 montre que le nombre d'œufs pondus par femelle de *Meloidogyne* varie d'une manière très significative par les traitements testés ($P=0.001$; $p > 0.05$). Par contre ce paramètre n'est pas affecté par les doses appliquées ($p=0.314$; $p > 0.05$).

Tableau 12 : Modèle G.L.M. appliqué à la variation de nombre d'œufs pondus par femelle de *Meloidogyne*

Source	somme des carrés	DLL	moyen carré	F-ratio	p-value
Traitements	34123.370	4	8530.843	7.589	0.001
Doses	1290.667	1	1290.667	1.071	0.314
Erreur	23605.000	21	1124.048		

L'analyse de la figure 38, confirme la variation du nombre d'œufs pondus par femelle de *Meloidogyne* en fonction de type de traitement. Concernant le type de traitement, le fertilisant chimique (NPK) et le fumier des chevaux, le fumier des

camelins montrent une action semblable. En ce qui concerne les concentrations, la forte dose contribue efficacement dans la diminution de la fécondité des femelles des *Meloidogyne*.

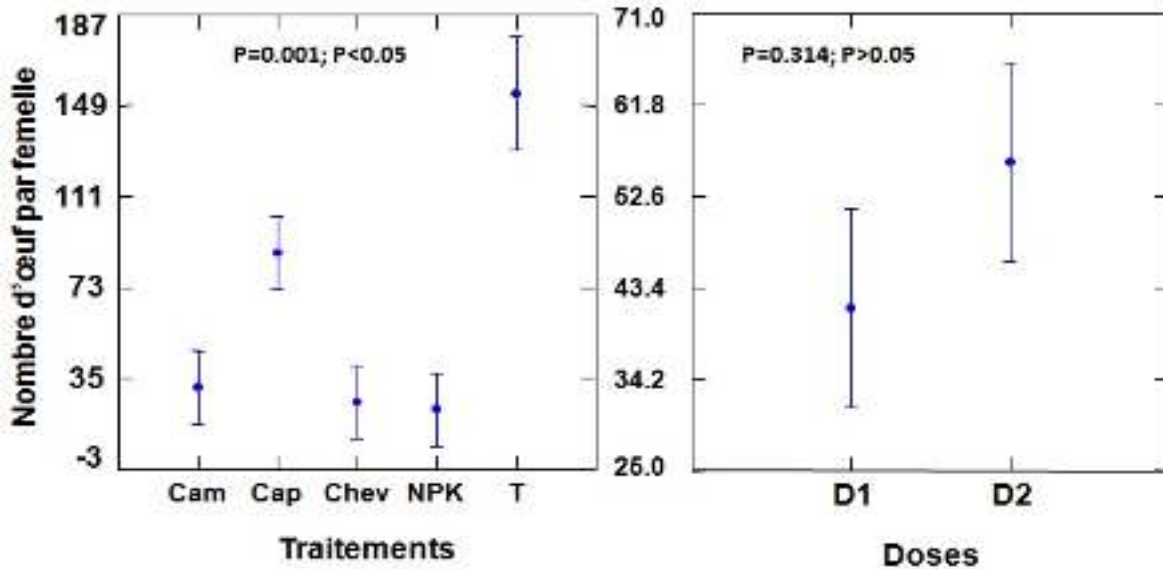


Fig. 38: Effet des traitements sur la fécondité par femelle de *Meloidogyne*

II.2.3.3. Effets des traitements sur la fertilité des œufs des *Meloidogyne*.

Pour comparé l'effet des amendements testés sur la fertilité des œufs de *Meloidogyne* par rapport au témoin non traité nous avons considéré la moyenne des différentes doses utilisées pour chaque traitement.

La figure 39 montre que quelque soit le traitement la fertilité des œufs augmente avec le temps. Les biofertilisant utilisés affectent sensiblement l'éclosion des œufs. Parmi les amendements biologiques testés ceux à base de fumier des chevaux ont montré une inhibition maximale de l'éclosion des œufs (52.17 œufs éclos). L'efficacité de ce type de fumier est presque similaire à celle du NPK (43,67 œufs éclos). Suivi par le fumier des camelins (113.5 œufs éclos). Alors que l'apport du fumier des caprins se range dans la troisième position quand à la fertilité (156 œufs éclos).

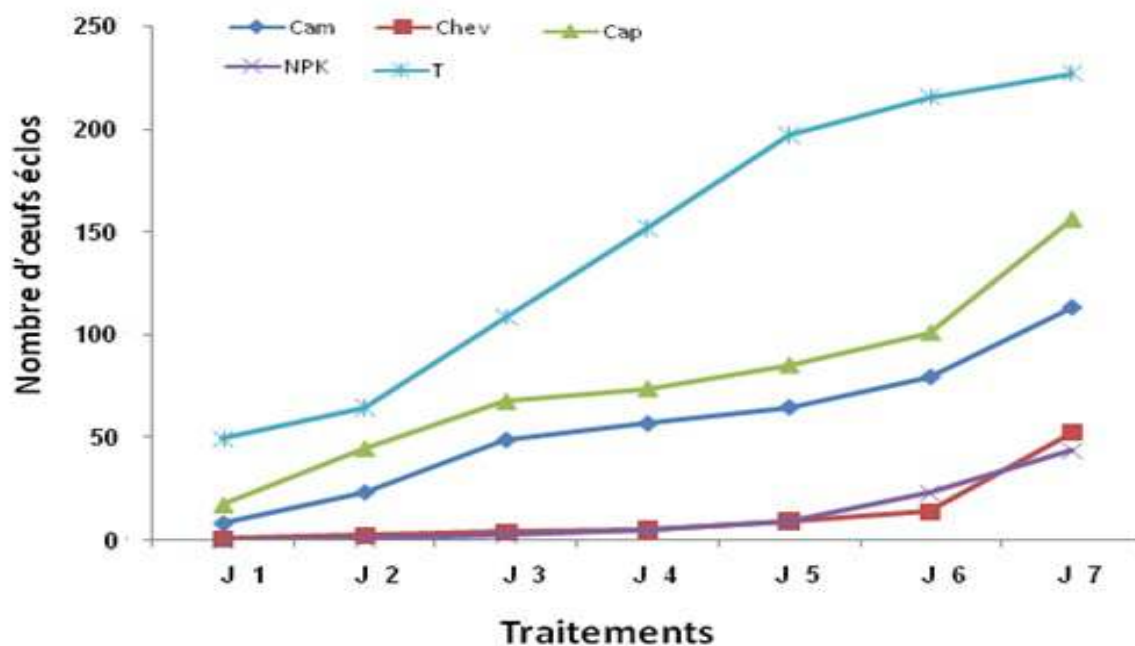


Fig. 39: Variation de la fertilité des *Meloidogyne* en fonction des amendements

Cam : Fumiers des camélins, **Chev** : Fumiers des chevaux, **Cap** : Fumiers des caprins, **Oxa** : Nématicide chimique, **NPK** : Engrais chimique, **T** : Témoin (sans fumigant avec nématodes), **D₁**: Dose, **D₂**: Demi dose.

Pour évaluer l'effet de différents traitements sur la fertilité des œufs de *Meloidogyne*, Nous avons réalisé l'analyse de la variance modèle (G.L.M.). Le tableau 13 dévoile une différence très hautement significative selon le type de traitements et le temps ($P=0.000$; $p < 0.05$).

Tableau 13: Modèle G.L.M. appliqué au nombre d'œuf de *meloïdogyne* éclos

Source	somme des carrés	DLL	moyen carré	F-ratio	p-value
Traitements	366525.569	4	91631.392	19.645	0.000
Temps	164465.989	6	27410.998	5.877	0.000
Erreur	825608.987	177	4664.458		

En comparaison avec le témoin, la figure 40 montre l'effet inhibiteur des amendements testés sur la fertilité des œufs de *Meloidogyne*. Concernant le type de traitement, le fumier des chevaux a une efficacité semblable au fertilisant conventionnel (NPK). Ils ont contribué à une forte réduction de fertilité des œufs. Suivi par le fumier des camélins. Quand à celui des caprins il a présenté une action légèrement faible.

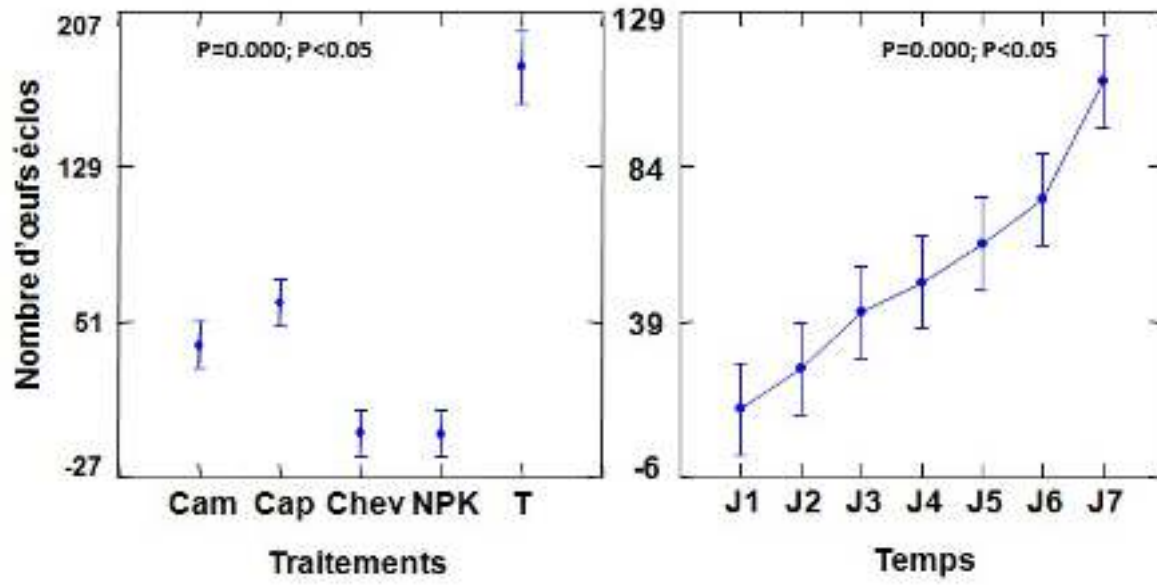


Fig. 40: Effet des amendements sur la fertilité des œufs de *Meloidogyne*

II.3. Discussion

Pour lutter contre les nématodes, les producteurs font le plus souvent recours aux nématicides comme le carbofuran et le phénamiphos. Mais ces produits sont très toxiques à l'égard des producteurs, des consommateurs et des organismes non cibles (HAOUGUI *et al.*, 2013). D'où la nécessité de trouver des méthodes de lutte alternatives comme l'utilisation des plantes à vertu nématicide (HAOUGUI *et al.*, 2003b ; HUSSAIN *et al.*, 2011). Plusieurs auteurs ont expérimenté et montré l'efficacité des amendements organiques (compost ou fumier) pour lutter contre les nématodes parasites des plantes, en particulier les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* (KERKENI *et al.*, 2007; ORISAJO *et al.*, 2008 ; IDORENYIN *et al.*, 2010). Dans ce contexte d'idée, nous avons étudié l'effet in vivo de trois types de fumier sur le développement des plantes de tomates et le contrôle des *Meloidogyne*.

II.3.1. effet des fumiers testés sur le développement des plants de tomate.

L'effet des amendements apportés sur les paramètres de croissance considérés a montré l'effet biostimulant de tous les traitements testés (fig. 41). En général les trois fumiers s'avèrent plus efficaces que le fertilisant chimique (NPK). Les résultats révèlent la présence d'une différence significative ($p=0.000$, $p<0.05$). La croissance moyenne et la biomasse fraîche des racines varie en fonction du type d'amendement. Les fumiers de cheval et de camelin contribuent considérablement dans la croissance et le développement des racines de la tomate par rapport au fumier de caprins. Cependant, la biomasse des parties aériennes et à la floraison des plants de tomate ne sont pas affectées par ces amendements. Ces constatations rejoignent les travaux de HAOUGUI *et al.* (2013) qui ont affirmé une bonne croissance du poivron avec tous les fumiers comparativement au témoin. Selon ISMAIL *et al.* (2011), l'incorporation de la matière organique améliore les propriétés physicochimiques du sol qui favorisent la croissance et le développement des plantes.

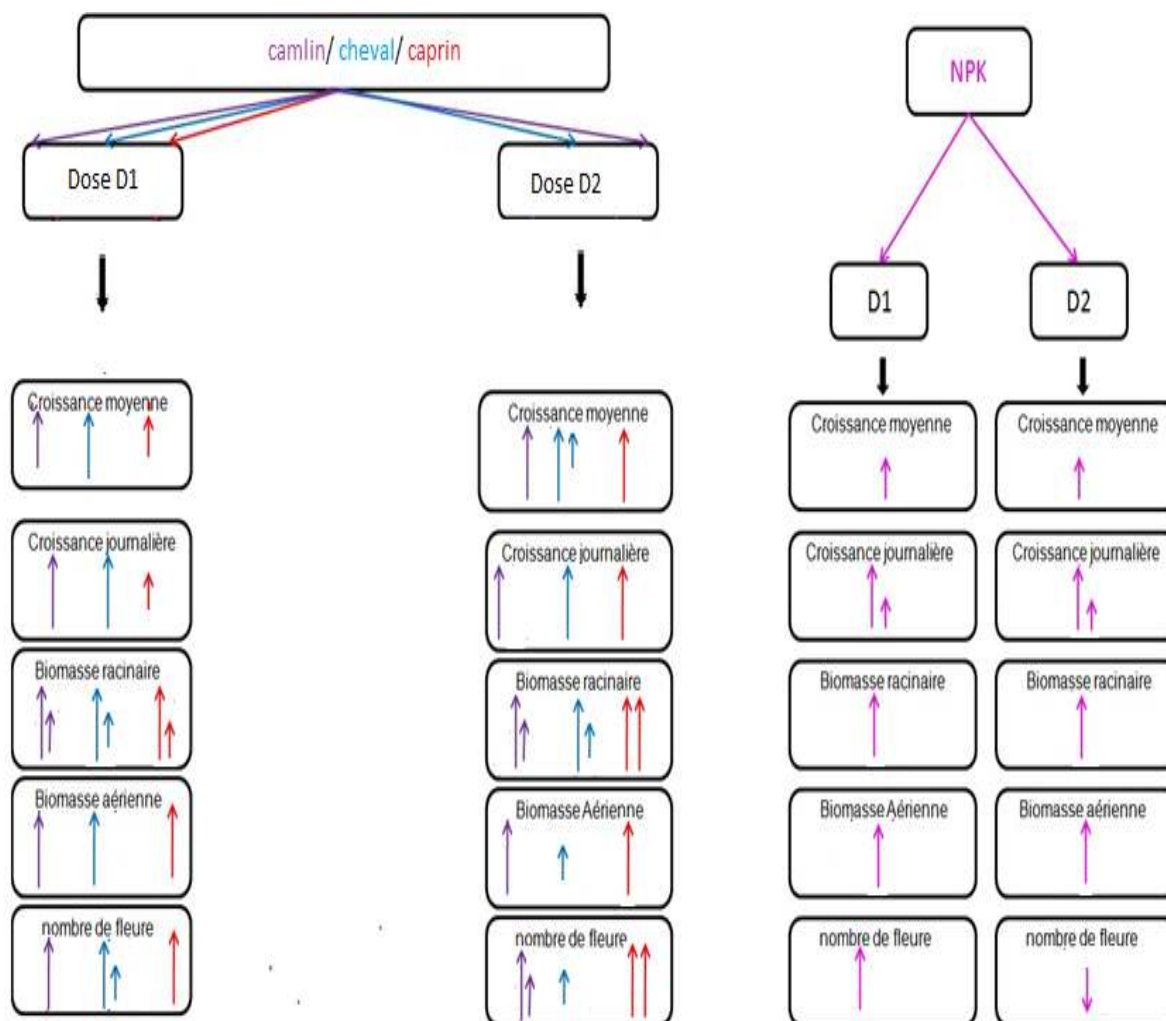


Figure 41: Schéma appliquant l'effet des différents traitements sur le développement des plants de tomate.

II.3.2. Efficacité des traitements de fumiers (camelins, chevaux, caprins) dans le contrôle des *Meloidogyne*.

L'étude a montré que les trois fumiers utilisés (camelins, chevaux, caprins) en amendement au sol ont réduit l'infection de la tomate par les *Meloidogyne* (fig. 42). Le nombre de galles le plus faible est enregistré sur les racines de tomates traitées avec le fumier des chevaux et des camelins à forte dose. Ces deux traitements ont présenté une forte action dans le contrôle des infestations des plants par les *Meloidogyne*. Ce résultat rejoint les travaux de divers auteurs qui rapportent l'efficacité de la matière organique dans la régulation des nématodes parasites en général et des nématodes à galles en particulier (HAOUGUI *et al.*, 2003b ; ANUJA et SATYAWATI, 2006 ; KERKENI *et al.*, 2007 ; HAOUGUI *et al.*, 2008 ; PAKEERATHAN *et al.*, 2009 ; HUSSAIN, 2011 ; ISMAIL et MOHAMED, 2012).

Le traitement chimique de référence « Oxamyl » testé a protégé les plants des infestations par les larves ; aucune galle n'a été observée sur les racines de tomate. La dose prescrite semble être très efficace, ce résultat est confirmé par HAGUE (1979) et TODD (1980). Par ailleurs, DAOUDI (2002) affirme que l'emploi de ce produit à une dose de 18 l/ha apporté en trois applications a permis une réduction des populations des *Meloidogyne* de 98%.

En ce qui concerne le développement des stades adultes (mâles et femelles), les résultats obtenus ont dévoilé que les fumiers utilisés ont contribué significativement ($p=0.024$; $p < 0.05$) dans la réduction du nombre de femelles. Toutefois, le fumier des chevaux semble plus efficace dans la diminution de la formation des femelles et participe aussi dans la masculinisation de la 1^{ère} génération des *Meloidogyne*. En rapport à ces résultats, nous pouvons émettre l'hypothèse de l'effet stimulateur des défenses naturelles des plants amendés ce qui confère aux plantes une certaine résistance vis-à-vis des *Meloidogyne*. Selon TRIANTAPHYLLOU (1973) la différenciation sexuelle est sous le contrôle des facteurs écologiques, où il a montré que la nutrition a un très grand rôle sur la différenciation sexuelle des populations des *Meloidogyne*.

Les résultats obtenus indiquent également que les femelles qui ont pu se développer sur les racines ont montré faible fécondité avec les apports utilisés. Le

fumier des chevaux et des camelins ont présenté une action semblable dans la réduction de la fécondité des femelles. Leur efficacité est comparable au fertilisant conventionnel (NPK). Par contre le fumier des caprins est classé en troisième position dans la diminution de la ponte des femelles. Ce résultat est en concordance avec l'étude de HAUGUET *et al.* (2013) qui affirment que le fumier de caprin occupé la dernière position dans la réduction des infestations des cultures de poivron par les *Meloidogyne*. Les effets des biofertilisants testés dans la diminution de la fécondité des femelles de nématodes à galles sont peu documentés, en revanche divers travaux mentionnent que l'application de la fumure organique sur un sol fortement infesté de nématodes à galles permet de réduire la densité de leur population aussi bien au niveau des racines qu'au niveau du sol de divers cultures *Solanum macrocarpum* (AFOUDA *et al.*, 2008), *Lycopersicon esculentum* (FAROUK *et al.*, 2002), *Pyrethrum* spp. (WACEKE *et al.* 2001) et bananiers plantains (STOLL, 2000).

L'étude de l'effet des trois fumiers sur la fertilité des œufs a révélé l'effet inhibiteur de l'éclosion des œufs de *Meloidogyne*. Le fumier de cheval a une efficacité semblable au fertilisant conventionnel (NPK). Ils ont contribué à une forte réduction de fertilité des œufs. Suivi par le fumier des camelins. Alors que celui des caprins a présenté une action légèrement faible. Les essais *in vitro* de KERKENI *et al.* (2007) signalent que les extraits de compost de fumier réduisent l'éclosion des œufs de *Meloidogyne incognita* après 48 et 96 h d'incubation.

La réduction des paramètres de développement de *Meloidogyne* étudiés dans le présent travail (taux d'infestation, développement des adultes, fécondité et fertilité des œufs) par les apports des fumiers testés est attribuée probablement à des mécanismes multiples qui expliqueraient cette efficacité. La libération d'un certain nombre de substances toxiques pendant la décomposition de la matière organique tel que les produits phénoliques, l'azote ammoniacal et les ions hydrogènes (NWANGOUMA et FAWOLE, 2004 ; SIDDIQUI, 2004 ; KERKENI *et al.*, 2007), Par ailleurs, la libération importante de CO₂ provenant de l'activité intense des microorganismes saprophytes du sol (PAPAVIZAS et DAVEY, 1992), la hausse de la température pendant les premières phases de sa décomposition (ROSSNER et ZEBITZ, 1987), la stimulation de la microflore qui décompose les protéines

spécifiques et certaines substances entrant dans la constitution de la cuticule et autres organes des nématodes (FARAHAT *et al.*, 2010).

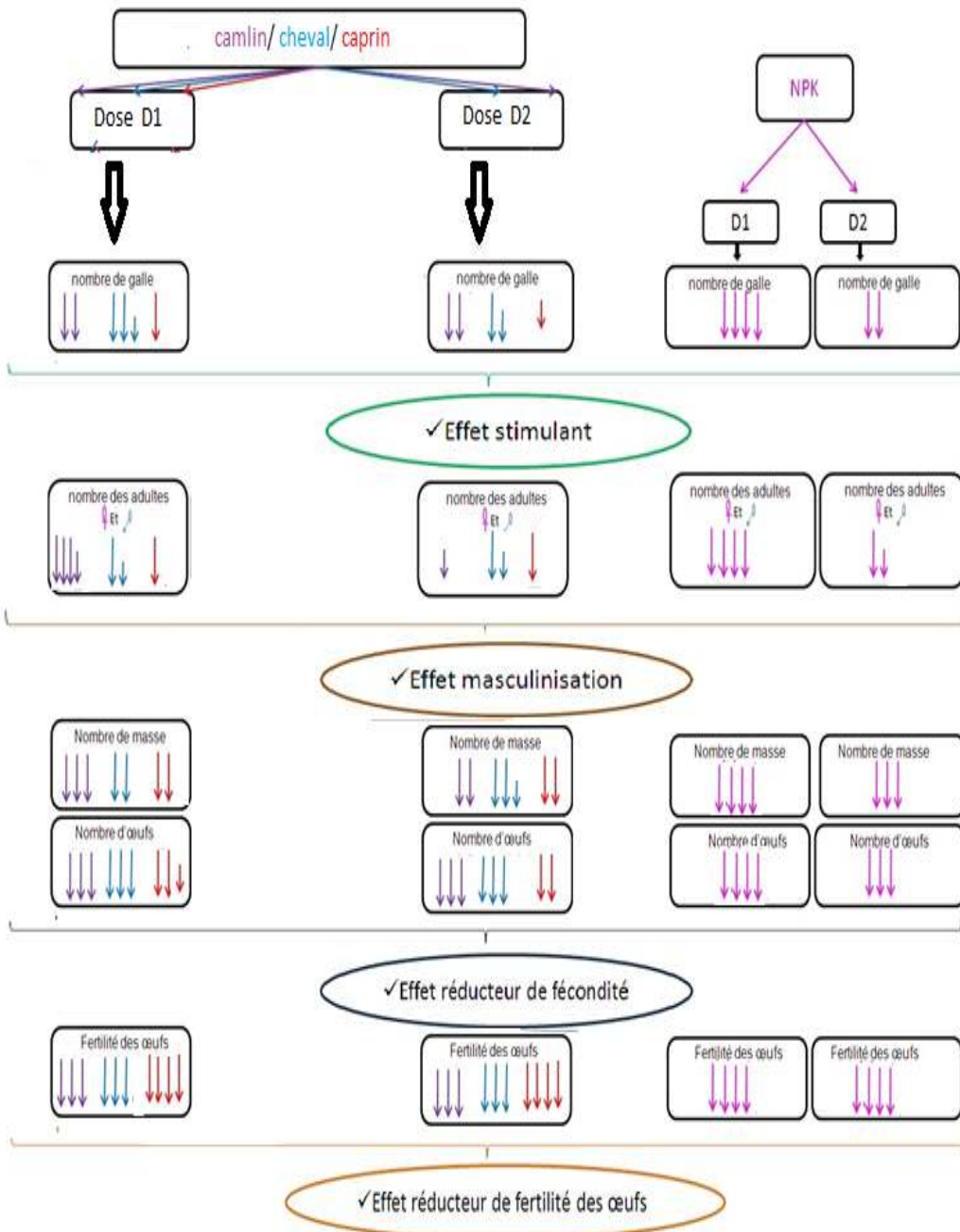


Figure 42 :Schéma expliquant le modèle hypothétique de l'effet des traitements sur l'infestation des plants de tomate par nématodes à galles

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de cette étude, il apparaît que les fumiers d'animaux domestiques (camelin, cheval et caprin), appliqués au sol, sont efficaces contre le nématode à galles un des facteurs limitant à la production des cultures maraîchères. En plus de cette action suppressive sur ce nématode parasite des plantes, ils améliorent aussi la fertilité du sol et l'absorption de l'eau et des sels minéraux par la plante tout en augmentant son développement.

En effet les trois fumiers s'avèrent plus efficaces que le fertilisant chimique (NPK). Ils ont montré un effet biostimulant des plantes de tomate notamment pour les fumiers de cheval et camelin qui ont contribué considérablement dans la croissance et le développement des racines de la tomate par rapport au fumier de caprins.

En ce qui concerne le contrôle des *Meloidogyne*, les trois fumiers utilisés ont réduit l'infestation de la tomate par les larves de *Meloidogyne*.

Le fumier de cheval et de camelin à forte dose ont diminué le nombre de galles sur les racines. Leur efficacité se rapproche de celle du fertilisant conventionnel (NPK). Par ailleurs, les résultats ont dévoilé que le fumier de cheval à faible dose entraîne la masculinisation des larves qui ont pu infester les racines de tomate.

En ce qui concerne la fécondité des *Meloidogyne*, le fumier de cheval et de camelin ont limité sensiblement la fécondité des femelles. Leur efficacité est comparable au fertilisant chimique (NPK). Alors que pour la fertilité des œufs a révélé l'effet inhibiteur de l'éclosion des œufs de *Meloidogyne*, le fumier de cheval a une forte inhibition de l'éclosion des œufs.

Ces amendements peuvent être donc conseillés aux agriculteurs dans leur utilisation dans un programme de lutte intégrée contre les nématodes, surtout qu'ils sont moins chers, préservent l'environnement contrairement aux nématicides de synthèse.

Perspectives.

Les amendements par les fumiers d'animaux domestiques sont économiques et ouvrent la voie à la possibilité de leur utilisation dans le cadre d'un programme de lutte intégrée.

➤ Il serait intéressant de poursuivre et d'approfondir cette étude préliminaire sur les populations de *Meloidogyne* in situ afin de confirmer le pouvoir régulateur et stimulateur de développement des plantes par ces fumiers.

➤ Il est important de vérifier l'efficacité des doses notamment pour le fumier de cheval qui semble agir à faible dose.

➤ Il est également d'intérêt de tester ces fumiers sur d'autres nématodes comme le genre *Globodera* qui est affecté à la culture stratégique la pomme de terre

Références bibliographiques

- * **ABU-GHARBIEN W., 2000-** Efficacy of certain non-fumigant nematicides for the control of *Meloidogyne javanica* on tomato. *Rev.Nematol.* , Vol.70, n° 3 p.132.
- * **AFOUDA L., BAIMEY H. et FANOU H., 2008-** Evaluation of *Amaranthus sp.* And *Veronia amygdalina*, and Soil Amendments with Poultry Manure for the Management of Root-Knot Nematodes on Eggplant. *Phytoparasitica*, 36: 368-376.
- * **AGU C.M., 2008-** Effects of organic manure types on nematode disease and African Yam Bean yield. *Agric. Journal.*, 3: 14-16.
- * **AJAURO M.T., BASSET M.J., AUGUSTINE J.J. et DICKSON D.W., 1982-** Effects of the temperature and the duration of the initial incubation period on resistance to *Meloidogyne incognita* in tomato. *Journal of Nematology*, 14: 411-413.
- * **AKHTAR M., MALIK A., 2000-** Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: a review. *Bioresource Technology*, 74:35-47.
- * **AMIN A.W., 2000-** Efficacy of *Arthrobotrys oligospora*, *Hirsutiella rossiliensis*, *Paecilomyces lilacinus* and *Pasteuria penetrans* as potential biocontrol agents against *Meloidogyne incognita* on tomato. *Pakistan Journal of Nematology*, Vol. 18, No. 1/2, pp. 29-331.
- * **AMMAR E., 1986-** Incidence de la succession de culture de tomate sensible et résistante sur l'évolution des caractères bio-écologiques des populations *Meloidogyne spp* (Nematoda- Heteroderidae).
- * **ANONYME, 2011-** Fiche technique, La fertilisation en grandes cultures biologiques.
- * **ANUJA B., et SATYAWATI S., 2006-**Biocontrol of *Meloidogyne incognita* in *lycopersicon esculentum* with AM fungi and oil cakes. *Plant Pathology Journal*, 5, pp.166-172.
- * **APPERT J. et DEUSE J., 1982-** Les ravageurs des cultures vivrière et maraichères sous les tropiques. Ed. G. P. Maisonneuve et Larose, Paris, 420p.
- * **ARYA M. et TIAGI B., 1985-** Nucleic acid changes in three carrot cultivars infected with *Meloidogyne incognita*. *Indian Journal of Nematology*, 15 : 21-25
- * **BACHELIER G., 1978-** *La faune des sols, son écologie et son action.* O.S.T.O.M., n° 38, Paris, 335p.

Références bibliographiques

- * **BAINS S.S., JHOOTY J.S. et SHARMA N.K., 1984-** The relation between cation-ratio and host-resistance to certain downy mildey and root-knot diseases. *Plant and Soil*. 81 : 69-74.
- * **BAYER A.G., 1982-** Les nématodes phytophages et leur lutte. Assistance technique de développement. Division phytosanitaire, Journées d'informations, 69p.
- * **BERNARD C., 2002-** Une fois que les nématodes sont installés, c'est très difficile de s'en débarrasser. *Art. Jeunes agriculteurs*, oct.2002, n° 576, 1p.
- * **BERNARD R., BOUGUET A. et SCOTTO LA MASSESE C.,1985-** Diversité des problèmes nématologiques en vergers et vignobles, solutions chimiques et génétiques. C.R.A cad. Agri. de France, 71, pp. 705-718.
- * **BERREHIL E. K. et EL KATTAL N., 1997-** Contribution à l'étude de quelques espèces de la relation. Variétés de tomate *Meloidogyne*. Thèse .Ing.Agro.I.N.ES1 Mascara, 71p.
- * **BERTHOU F., DIALLO B., DE MEYER L. et DE GUIRAN G., 1990-** Characterization chez les nématodes *Meloidogyne*Goeldi (*Tylenchida*) de types virulents vis à vis du gène Mi de la tomate dans deux zones maraîchères au Sénégal. *Agronomie*, 9 :877-884.
- * **BERTRAND C., 2001-** Lutter contre les nématodes à galles en agriculture biologique GRAB ; France : 4p.
- * **BERTRAND C., LIZOT J. et MAZOLLIER C., 2001-** Lutter contre les nématodes à galles en agriculture biologique ,Rev. :GRAB AVION, France , pp.25-29.
- * **BIRD A.F. et WALLACE H.R., 1965-** The influence of temperature on *Meloidogynehapla* and *M. javanica*. *Nematologica*,11 : 581-589.
- * **BIRD A.F., 1979-** Morphology and ultrastructure of *Meloidogync* genus. In :Lamberti, F & Taylor, C. E (EdS.), Root-knot Nematodes (*Meloidogynespecies*). Systematics, Biology and Control, page 74.
- * **BONNE MAISON L., 1961-** les ennemis animaux et variétés des plants Cultivées et de forêts. Ed .Sep.,Vol I ,605p.
- * **BROWN S.M., KEPNER J.L., SMART G.C., 1985-** Increased crop yields following application of *Bacillus penentrans* to field plots infested with *Meloidogyneincognita*.*SoilBiolBiochem*n°17, pp.483-486.

Références bibliographiques

- * **CAUBEL G. et CHAUBET B., 1985-** Eclosion et multiplication d'*Heterodera shartii* en présence de Colza ou de radis fourragers. *Agro.* 5(5). Pp : 463-466.
- * **CAYROL J.C., CAPOROLINO D. et MATTEI P., 1992-** La lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. *Rev.Hort.*n°287, pp.36-37.
- * **CAYROL J.C.,1991-** Propriétés nématicides des endomycorhizes à vésicules et arbuscules. *PHM , Rev. Hort.*, 321,33-42.
- * **CAYUEL M.L., MILLNER P.D., MEYER S.L.F., ROIG A., 2008-** Potential of olive mill waste and compost as biobased pesticides against weeds, fungi and nematode. *Science Direct*.www.elsevier.com/locate/scitotenv; *Science of the total environment*399(2008)11-18.
- * **CHAMPIGNON R., 1981-** Une méthode de lutte contre les nématodes à galles des racines appartenant au genre *Meloidogyne*. *Déf. des vege*t, n°207, pp. 85-86.
- * **CHEN T.A. et RICH A.E., 1963-** Attraction of *Pratylenchus penetrans* to plant roots. *Plant Disease Reporter*, 47: 504-507.
- * **CHITWOOD B.G., 1949-***Root-Knot nématodes, part I. A version of the genus Meloidogyne Gôldi, 1887. Proceedings of the Helminthological Society of Washington . n°16, pp: -90-104.*
- * **DAHMANE T., SALLAMI S. et MAZRKET A., 2010-**activité nématicide de quelque huile essentielle contre *Meloidogyne incognita*. *Nematol. Medit.* 38 : 195-201.
- * **DALMASSO A. et MISSONNIER J., 1986-** La lutte intégrée contre les nématodes des cultures: Intérêt des variétés résistantes. *Rev.Phytoma*, n°378, pp. 13 - 16.
- * **DALMASSO A., CARDIN M.C., POCHARD E. et DAUNAY M.C., 1985-** Pouvoir pathogène des nématodes *Meloidogyne* et génétique de la résistance chez quelques solanacées maraichères. *C.R. Acad. Agric. France*, 71(7), pp. 771-779.
- * **DAOUDI M., 2002-** Contribution à la recherche des méthodes alternatives au bromure de méthyle associé à la culture de la tomate. Mémoire de 3^{ème} cycle, IAV Hassan II, Agadir.
- * **DE GUIRAN G. et NETSCHER C., 1970-** Les nématodes du genre *Meloidogyne*, parasites des cultures tropicales. *Cahiers ORSTOM, série Bioogie*, 11 : 151-158.

Références bibliographiques

- * **DE GUIRAN G. et RITTER M., 1979-** Life cycle of Meloidogyne species and factors influencing their development in Root-knot-nematodes (Meloidogyne species) systematics. *biological and control*. Academic Press, pp: 173-191.
- * **DE GUIRAN G., 1971-** Les problèmes de Meloidogyne et d'autres nématodes sur cultures vivrières, tabac-caféier et riz. *Jour. D'étude et d'info. A.C.T.A., Paris 12^{ème}*, pp. 447-474.
- * **DE GUIRAN G., 1983-** *Les nématodes parasites des cultures en pays tempérés*. Ed. Littoral, S.A. Beziers, France, 42p.
- * **DEMEURE Y., 1978-** Les causes de survie de certains nématodes phytoparasites (*Scuteflonemacavenessi* et *Meloidogyne javanica*) pendant la saison sèche dans le Sahel Sénégalais. *Thèse de l'Université de Lyon I, France*, 105p.
- * **DIONGUE A., 1996-** *Initiations à la nématologie : application aux cultures maraichères, Dép. Formation en protection des végétaux*, centre AGRHYMET, Niamey, 52p.
- * **DIVITO M. et EKANAYAKE H.M.R.K., 1985-** Relationship between population densities of *Meloidogyne incognita* and growth of resistant and susceptible tomato. *Ins. Nematol, agr. C.N.R, Bari, n°11*, pp 151-155.
- * **DJIAN C., 1992-** Etat actuel des connaissances sur les substances nématicides produites par micro-organismes et des végétaux supérieurs. Actes de II^{ème} Symposium sur les substances naturelles d'intérêt biologique. Ed. Du CNRS, France ; 188p.
- * **DJIAN-CAPORALINO C., VEDIE.H. ARRUFAT.A., 2009** - Gestion des nématodes à galles : lutte conventionnelle et luttés alternatives. L'atout des plantes pièges. *PHYTOMA*. 18p.
- * **DUKE., 1999-** Naturel pesticides forme plants. P ortland, O.R, pp :511-517.
- * **EDDOUD A., 1989-** Contribution à l'utilisation des variétés résistantes de tomate en vue d'une lutte contre les *Meloidogyne* (*Nematoda, Meloidogynidae*) sous abris plastique. Thèse. Ing. Agro., I.N.A. El-Harrach, 42p.
- * **EISENBACK J.D., 1985-** Diagnostic characters useful in the identification of four most common species of root knot nematodes *Meloidogyne* species *Jour. Nematol. Vol. 14, n° 3*, pp: 339-343.

Références bibliographiques

- * **EL KEBIRI L., 1993**-Contribution à l'étude de l'état d'infestation des cultures maraichères sous-serre par les *Meloidogynes* dans quelques régions de littoral algérois, étude de la répartition géographique des *Meloidogynes* sp.
- * **FARAHAT A.A., AL-SAYED A.A., MAHFOUD N.A., 2010**- Compost and other organic and inorganique fertilizers in the scope of root-knot nematode reproduction and control of *Meloidogyne incognita* infecting to tomato. Egypt. J. agronematol., 9: 18-29.
- * **FERRAZ E.C., DE ORCHARD J.E. et LAPEZ A.S., 1984**-Resposta da pimenteira-doreino à infestação par *Meloidogyne incognita* em relação a o teor de fenoistotais. *Revista Theobroma*, 14 : 217-227.
- * **FOURY C., 1995**- Lutte contre les parasites et ennemis d'origine tellurique vers une stratégie plus intégrante, *Rev. Horti.*, n° 356, pp. 21-29.
- * **GALET P., 1982**- Les maladies et les parasites de la vigne Tome II. Montpellier, pp. 887-892.
- * **GOELDI E.A., 1892**-Relatorio sobre et moleatia de cafeeiro na pvincia do rio de Janeiro. 3 In : Jepson, S.B. (Ed.), Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species) C.A.B. International, 265 pages.
- * **GUIRAN., 1960**- Etude comparative de la pénétration des larves de *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 et de *Meloidogyne incognita acrita* Chitwood, 1949 dans les racines des plantes hôtes et non hôtes. Résultats préliminaires. Meded. Landbouwhogesch. Opzoekings Stns Gent. 25, 1047-1056.
- * **HAGUE N.G.M., 1979**- A technique to assess the efficacy of non volatilenematicides against the potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis*. Ann. Appl. 93: 205-211.
- * **HAMMACHE M., 2010**- influence de quelques type de sols algériens sur le développement des nématodes a galles ; *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica* et *Meloidogyne arenaria* (tylenchida, *Meloidogynidae*). *Lebanese science journal*, 11(2), pp. 47-61
- * **HAOUGUI A., SARR E., ALZOUMA I., 2003**- Effet de l'amendement du sol par les plantes nématicides sur le développement de *Meloidogyne javanica* (Treubn 1885 ; Chitwood, 1949) et la croissance de la tomate. Annales de l'Université A M de Niamey, tome Vii : 25-29.

Références bibliographiques

- * **HAOUGUI A., TOUFIQUE M., SINABA F., DOUMMA A., et ADAM T., 2013-** Effet de fumiers d'animaux sur le développement de *Meloidogyne javanica* et la croissance du poivron sous serre. *J. Appl. Biosci.* 67 : pp. 5228-5235.
- * **HUBER GERALD et SCHAUB CHRITINE., 2011-** La fertilité des sols : L'importance de la matière organique. Service Environnement- Innovation. 2p.
- * **HUNG C.L. et ROHDE R.A., 1973-** Phenol accumulation related to resistance in tomato to infection by root-knot and lesion nematodes. *Journal of Nematology.* 5: 253-258.
- * **HUSSAIN M.A.H., MUKHTAR T., KAYANI A.Z., 2011-** Efficacy evaluation of *Azadirachta indica*, *Calotropis procera*, *Datura stramonium* and *Tagetes erecta* against root-knot nematodes *Meloidogyne incognita*. *Pakistan Journal of Botany*, 43: 197-204.
- * **HUSSEY R.S., BARKER K.R., 1973-** a comparison of methods of collecting moults of *Meloidogyne* spp. Including a new technique. *PL. Dis. Repr.* 57, pp: 1025-1028.
- * **IDORENYIN A.U. et UGWOKÉ K.I., 2010-** Pathogenicity of *Meloidogyne incognita* Race 1 on turmeric (*Curcuma longa* L.) as influenced by inoculum density and poultry manure amendment. *Plant Pathology Journal*, 9: 162-168.
- * **ISMAIL A.E. et MOHAMED M.M., 2012-** Nematicidal potentiality of some animal manure combined with urea against *Meloidogyne arenaria* and growth and productivity of sugar beet under field conditions. *Pak. J. nematol.*, 30(1): pp. 57-65.
- * **ISMAIL A.E., ABD-EL-MAGEED M.M., RASHAD A.A., and AWAAD M.S., 2011-** Root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* suppression and changes of grapevine yield properties determined by waste residues from jojoba, black seed oil extraction and slow release nitrogen fertilizer. *pak.J. nematol.*, 29 : 187-205.
- * **JACOB J.J. et MIDDEPIAATS W.C.T., 1988-** Fascicule de détermination des principaux nématodes phytoparasites au stéréoscope. Cours de nématologie. TSPV2. DFPV/AGRHYMET/ CILSS (Niamey).
- * **JACOB P., 1997-** [Investigations of the effect of nematophagous fungi against *Meloidogyne* sp. in vitro and in *Lycopersicon esculentum*.] *Rev. Nematol.*, Vol.68, n° 1, 45p.

Références bibliographiques

- * **JANVIER C., VILLENEUVE F., ALABOUVETTE C., EDEL-HERMANN V., MATEILLE T., STEINBERY C., 2007**-Soil health through soil diseases suppression : which strategy from descriptors to indicators, *Soil Biology et Biochemistry*, 39: 1-23.
- * **KERKENI A., HORRIGUE-RAOUANI N. et KHEDHER M.B., 2007**- Effets suppressif de cinq extraits de compost vis-à-vis du nématode à galles *Meloidogyne incognita*. *Nematol. Medit.*, 35:15-21.
- * **KONG J.O., LEE S.M., MOON Y.S., LEE S.G., AHN Y.J., 2007**-Nematicidal activity of Cassia and Cinnamon oil compounds and related compounds toward *Bursaphelenchus Xylophilus* (Nematoda : Parasitaphelenchidae). *J. Nematol.* 39: 31-36.
- * **LAMBERTI F. DADDABO T., GRECO P., SASANELLI N. et CARELLA A., 2000**-Chemical control of *Meloidogyne javanica* on tomato. *Rev. Nematol.*, Vol.70,n° 2, pp.66-70.
- * **LEE S.C., AHN Y.J., PARK J.D., KIM J.C., CHO K.Y., LEE H.N., 2001**-Fugicidal activity of 46 plant extracts against rice sheath blight, tomato late blight, cucumber gray mold, barely powdery mildew and wheat leaf rust. *Korean J. pesticide Sci.* 5: 18-25.
- * **LOWNSBERRY B.F. et VIGLIERCHIO D.R., 1961**- Importance of response of *Meloidogyne hapla* to an agent from germinating tomato seeds. *Phytopathology*, 51: 219-221.
- * **MACHON J.E. et HUNT D.J., 1989**- Root-Knot nematodes (*Meloidogyne* species). 4th Intern. Train Course on identif of plant nematodes Ed. C.A.B. Intern., 14p.
- * **MAGGENTI A.R., LUC M., RASKI D.J., FORTUNER R. et GERAERT E., 1987**- A reappraisal of Tylenchina (Nemata). 2. Classification of the suborder Tylenchina (Nemata : Diplogasteria). *Revue de Nématologie*, 10 (2): 135-142.
- * **MAIN J.H. et RODRIGUEZ KABANA., 1982**- Jachère biodiversité et développement survey of nematicidal properties durable en Afrique centrale (Cameroun) et en of some organic materials available in Afrique de l'ouest (Sénégal, Mali). Alabama as amendments to soil for control of *Meloidogyne arenaria*, *Nematropica*, 12: 234-245.

Références bibliographiques

- * **MANKAU R. et MINTEER R.J., 1962-** Reduction of soil populations of the citrus nematodes by the addition of organic material. *Plant Disease Report*, 46 : 375-378.
- * **MARADJI C., 1994-** Contribution à l'étude de quelques facteurs influençant l'agressivité des *Meloidogynes* sous abris serres dans quelques régions du littoral Algérois. Etude de la biologie des *Meloidogynes* spp. Thèse. Ing. Agro., INES. Blida, 65p.
- * **MATEILLE T., 1992-** Contribution à l'étude des relations hôte-parasites entre le bananier *Musa acuminata* (Groupa 'AAA') et trois nématodes phytophages : *Rudopholus similis*, *Helicotylenchus multicinctus* et *Hoplolaimus pararobustus* (*Tylenchida*). Collection TDM Ed ORSTOM, Paris 1992.
- * **MATEILLE T., 1994-** Biologie de la relation plantes-nématodes : perturbations physiologiques et mécanismes de défense des plantes. *Nématologica*. 40 : 276-311.
- * **MESSIAEN C.M., 1981-** Les variétés résistantes, méthode de lutte contre les maladies et ennemis des plantes. 3^{ème} édition. INRA, Paris, 552p.
- * **MESSIAEN C.M., BLANCARD D., ROUXEL F. et LAFOND R., 1991-** Les maladies des plantes maraichères. 3^{ème} édition. INRA 552p.
- * **MOKABLI A., 1988-** Principaux facteurs qui déterminent l'importance et l'agressivité des *Meloidogynes* sous abris serres en Algérie. Thèse ,Ing. Inst Agro EL Harrach, 69p.
- * **MULLER R. et GOOCH P.S., 1982-** Organic amendments in nematode control. An examination of literature. *Nematologica*, 12: 319-326.
- * **NAHAR M.S., GREWAL P.S., MILLER S.A., STINNER D., STINNER B.R., KLEINHENZ M.D., WSZELAKI A., et DOOHAN D., 2006-** Differential effects of raw and composted manure on nematode community, and its indicative value for microbial, physical and chemical properties. *Applied Soil Ecology*. 34: 140-151.
- * **NAMMOUCHI N., 1986-** les possibilités et limites de l'utilisation des hyphomycètes prédateurs en lutte biologique contre les *Meloidogynes* sp. sous abris serres. I.N.A.T. Mémoire de fin d'étude de cycle de spécialisation, 105 p.
- * **NEBIH HADJ-SADOK D., AOUNI., 2006-** Effet des protéines (Cytoplasmique et pariétale) des tagets minuta sur les larves infestantes (L2) de *Meloidogyne*. Dans les conditions de laboratoire 6iem j.

Références bibliographiques

- * **NETSCHER C. et SIKORA A., 1990-** Nematodes parasite of vegetable in 'ptantparasitismnematodes in tropical and subtropical agriculture, LUC M, SIKORA A et BRIDGE M. Cab international 283p.
- * **NETSCHER C., 1970-** Les nématodes parasites des cultures maraîchères du Sénégal. Cahiers ORSTOM. sérieBiologie, 11 :209-229.
- * **NOBLE R., et COVENTRY E., 2005-** Suppression of soil-borne. Plant diseases with composts: a review. Biocontrol science and Technology. 15: 3-20.
- * **NWANGUAMA E.I. et FAWOLE B., 2004-** Efficacy of organic soil amendment on the populations of *Meloidogyne incognita* on Okra in south-western Nigeria. Nigerian J. Horticul. Science, 9: 89-95.
- * **OKA Y., 2010-** Mechanisms of nematodes suppression by organic soil amendment on the review, Applied soil Ecology, Vol.44, Issue.2, Nematology, Unit, Gilat Research Center, M.P. Negev 85280, Israel, pp: 101-115.
- * **OKA Y., BEN-DANIEL B., COHEN Y., 2001-** Nematicidal activity of powder and extracts of *Inula viscosa*. *Nematology*, 3:735-742.
- * **ORISAJO S.B., AFOLAMI S.O., FADEMI O., ATTUNGWU J.J., 2008-** Effects of poultry litter and carbofuran soil amendments on *Meloidogyne incognita* attacks on Cacao. Journal of Biosciences, 7: 214-221.
- * **ORTON WILLIAMS K.J., 1973-***Meloidogyne incognita*. C.I.H descrip of plant parasit nematodes. Set 2. n° 18,4p.
- * **ORTON WILLIAMS K.J., 1974-***Meloidogynehapla*. C.I.H descrip of plant parasit nematodes. Set 3. n° 3,4p.
- * **PAKEERATHAN P., MIKUNTHAN G., THARSHANI N., 2009-** Effect of different animal maure on *Meloidogyne incognita* (Kofoid and white) on tomato. World J. Agri. Sci., 5(4): 432-435.
- * **PAPADOPOULOU J. et TRIANTAPHYLLOU A.C., 1982-** Sex différentiation in *Meloidogyne incognita* and anatomical evidence of sex reversal. *Journ of Nematology*, Vol. 14(4), pp. 549-566. *Parasites des cultures tropicales*.Ed. O.R.S.T. O.M., SérieBiol, n°11, pp: 151-186.
- * **PARK I.K., PARK J.Y., KIM K.H., CHOI K.S., CHOI I.H., KIM S.H., SHIN S.C., 2005-**Nematicidal activity of plant essential oils and components from gartic (*Allium sativum*) and cinnamon (*Cinnamomumverum*) oil against the pine wood nematodes (*Bursaphylenchusxylophilus*). *Nematology* 7 : 767-774.

Références bibliographiques

- * **PHILIS., 1984-** The development of *Meloidogyne javanica* on tomato in cryprusnématologica, 30, pp. 470-474.
- * **PITCHER R.S., 1979-** Facteurs influençant le mouvement des nématodes dans le sol. In: Lamberti, F., Taylor, C.E. & Seinhorst, J.W. (Eds.), *Nematodes vectors of plant viruses. Nato Advanced Study Institutes Series. serie A : Life Sciences, 2* : 289-40a.
- * **PROT J.C., 1975-** Recherches concernant le déplacement des juvéniles de *Meloidogyne* sp. vers les racines. *Cahiers ORSTOM, série Biologie*, 10: 251-253.
- * **PROT J.C., 1978-** Behaviour of juveniles of *Meloidogyne javanica* in salt gradients. *Revue de Nématologie*, 1 (2) : 135-142.
- * **PROT J.C., 1980-** Migration of plant parasitic nematodes towards plant roots. *Revue de Nématologie*, 3 : 305-318.
- * **PROT J.C., 1986-** Contribution à l'étude des migrations dans le sol des juvéniles de second stade des nématodes du genre *Meloidogyne*. *Thèse Université Paris-sud*, 160p.
- * **RAYNAL G., GONDRAN J., BOURNOVILLE R. et COURTILLOT M., 1989-** Ennemis et maladies des prairies. Ed. I.N.R.A., Paris, 241p.
- * **REDDY P.P., 1983-** Plant nematology. Agri. Publ. Acad., New Delhi, 287p.
- * **REZK M.A., IBRAHIM I.K.A. et IBRAHIM A.A.M., 1987-** Effect of root-knot nematodes on the phenolic contents of barley and wheat. *Nematologia mediterranea*. 15 : 259-263.
- * **RITTER M., 1973-** Cycle de développement des *Meloidogyne*. O.E.P.P. /E.P.P.O., *Bull.*, n°9, pp.53-59.
- * **ROBINSON M.P., ATKINSON H.J. et PERRY R.N., 1988-** The association and partial characterization of a fluorescent hypersensitive response of potato root to the potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Revue de Nématologie*, 11 : 99-107.
- * **ROHDE R.A., 1965-** The nature of resistance in plants to nematodes. *Phytopathology*. 55 : 1159-1162.
- * **ROUSSELLE P., ROBERT Y., CROSNIER J.D. et 1996-** *la pomme de terre*. I.N.R.A., Paris, pp:172-176.

Références bibliographiques

- * **SALLAMI S. et CHEIFA M., 1997-** Effet de tagetes erecta contre les *Meloidogyne* sous abris plastique, Symposium International de phytopharmacie et phytatrie, sect 6, pp: 72-73.
- * **SATTI A.A., BASHIR N.H.H., ELKHIDER E., NASER O.E.,2003-** Effect of neem seeds kernels and « handal » extracts on muskmelon pests complex. Uni. Of khartoum J. Agri.sci. 11: 40-58.
- * **SATTI A.A., NASER O.E., 2006-** Effect of neem (*AzadiractaindicaA.Juss*) seed powder aqueous extracts on the control of some major foliage insect pests of eggplant. *Albuhuth*10 : 1-16.
- * **SAUNKARANARAYANAN C. HUSSAINI S.S., KUMAR P.S. et RANGESHWARAN R., 2000-**Biological control of *Meloidogyne incognita* (Kofoid and white 1919) Chitwood 1949 on tomato by *Verticilliumchlamydosporium*goddard cultured on different substrates. *Nemato. Abst.* Vol.70, n° 2, pp. 70.
- * **SAYRE R.M., 1971-** Biotic influences in soil environment. *Plant Parasitic Nematodes*, 1: 235-256.
- * **SAYRE R.M., PATRICK Z.A. et THORPE H.J., 1965-** Identification of selective nematicidal component in extracts of plant residues decomposing in soil. *Nematologica*, 11 : 263-268.
- * **SELLAMI S.M. et MOUFARAH A., 1994-** Effet des extraits aqueux de quelques plantes sur la mortalité et l'éclosion des larves de *Meloidogyneincognita*. *MededelingenFaculiteitLandbouwkundige en TeogepasteBiologishe Wetenschappen, Unoversity gent* 59: 813-816.
- * **SIDDIQUI Z.A., 2004-** Effect of plant growth promoting bacteria and composted organic fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and tomato growth. *Bioressource Technology*, 95: 223-227.
- * **SINGH D.B. et REDDY P.P., 1985-** Nature of resistance to *Meloidogyne incognita* in cowpea, *Vignaunguiculata*. *Nematologicamediterranea*, 13: 127-132.
- * **SITARAMAYA K. et PATHAK N.K., 1979-** Effect of phenolics and an aromatic acid on *Meloidogynejavanica* infecting tomato. *Nematotogica*, 25: 281-287.
- * **TIMCHENKO L.S., MAIKO T.K., 1989-**Nematicidal properties of plants antagonists of nematodes of decorative plants. *Byulleten'Vsesoyuznogoinstitutagel'mintologiiim. K. I. Skryabina* No. 50: 81-84.

Références bibliographiques

- * **TODD F.A., 1980-** Tobacco disease practices for 1980. 1980 tobacco information: 32-53. North Carolina Agricultural Extension Service. Raleigh, N.C.
- * **TRANTAPHYLLOU A.C., 1962-** Oogenesis in the root-knot nematode *Meloidogyne*
- * **TRANTAPHYLLOU A.C., 1973-** Environmental sex differentiation of nematodes in relation to pest management, pp. 441-462.
- * **UPADHYAY K.D., DWIVEDI K., UTTAM S.K., 2003-** Effect of some plant extract on the mortality and hatching of *Meloidogyne incognita* and *Heteroderacajani* infecting pigeonpea. *Nematol. Medit.*, 31: 29-31.
- * **VALLAD G.E., COOPERBAND L., et GOODMAN R.M., 2003-** Plant foliar disease suppression mediated by composted forms of paper mill residuals exhibits molecular features of induced resistance physiological and molecular. *Plant pathology* 63: 65-77.
- * **VAN DER LAAN P.A., 1956-** The influence of organic manuring on the development of the potato root eelworm, *Heteroderarostochiensis*. *Nematologica*, 1 (2): 112-125.
- * **VAN GUNDY S.D., 1985-** Ecology of *Meloidogyne spp.*: emphasis on environment factors affecting survival and pathogenicity. In : Barker, K. R. Carter, C.C. et Sasser, J. N. (Eds.), *An advanced treatise on Meloidogyne. Biology and Control*. IMP, North Carolina State University Graphics, USA, 1: 177-182.
- * **VEECH J.A., 1981-** Plant resistance to nematodes. In: Zuckerman, B.M. & Rohde, R.A. (Eds.), *Plant parasitic nematodes. London Academic Press*, 3: 377-403.
- * **VIGLIERCHIO D.R., 1961-** Attraction of parasitic nematodes by plant root emanations. *Phytopathology*, 51 : 136-142.
- * **VILLENAVE C., FERNANDEZ P., BADIANE A., SENE M., GANRY F., et OLIVER R., 1998-** Influence du travail du sol et l'apport de compost sur les peuplements de nématodes phytophages. CD- rom, poster, Symposium n° :32, XVI^e Congrès mondial de l'association Internationale de science du sol.
- * **WALLACE H.R., 1963-** The biology of plant parasitic nematode, Edward Arnold Ltd, London, 266p.
- * **WALLACE H.R., 1966-** *Nématologica in plant parasitic nematode. Morphologie. Anatomic. Taxonomic. Ecology. Ed. Acad. Press. Vol. 1. London. PP. 236-253.*

Références bibliographiques

- * **WANG K.H., SIPES B.S., SCHMITT D.P., 2001-** Suppression of *rotylenchulusreniformis* by *Crotalaria juncea*, *Brassica napus*, and *Tagetes erecta*. *Nematropica* 31: 235-249.
- * **WHITEHEAD A.G., 1968-** *Taxonomy of Meloidogyne (Nematodae: Heteroderidae) with description of four new species*. *Trans. Zool. Soc. London*, 31, pp: 263-401.

INTRODUCTION

PARTIE I :ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : Données bibliographiques sur le genre *Meloidogyne*.

CHAPITRE II :

Les amendements organiques

PARTIE II : EXPERIMENTATION

CHAPITRE I : Matériel et méthodes

CHAPITRE II :

Résultats et discussion

CHAPITRE III :

Discussion générale

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES