

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT BIOTECHNOLOGIE

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master II

en sciences de la nature et de la vie

Option : Phytopharmacie appliquée

**Effet de quelque amendement organique dans le contrôle des
Meloidogyne (Nematoda, Meloidogynidae) et le
développement des plants de Tomate.**

Réalisé par : M^{elle} OUAHABI HOURIA

Devant le jury composé de :

M ^{me} REMINI L.	M .A.A	U.B.1	Présidente
M ^{me} NEBIH D.	M.C.B	U.B.1	Promotrice
M ^{me} SAFFIDINE F.	DOCTORANTE	U.B .1	Co Promotrice
M ^{elle} SABRI K.	M.A.A	U.B.1	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2014/2015

Remerciements

Tout d'abord, Je remercie ALLAH de nous avoir donné la santé, le courage et la patience pour faire notre travail.

Toute ma gratitude pour ma promotrice M^{me} NEBIH D. pour son encadrement ainsi que pour l'encouragement, sa patience, son aide et ces précieux conseils et sa disponibilité. Sincères remerciements.

Mes sincères remerciements à ma Co-promotrice M^{me} SAFIDDINE F. Pour son soutien précieux qu'elle a apporté et sa disponibilité.

Je remercie très sincèrement M^{me} REMINI L. d'avoir accepté de présider ce jury et d'autre part à M^{lle} SABRI K. d'avoir fait l'honneur d'examiner le travail.

Mes remerciements sont également destinés à M^{lle} DJEMAI A. technicienne du laboratoire de Zoologie et Mr BOUARAR W. technicien du laboratoire de virologie pour leur disponibilité et leur temps consacré.

Nous exprimons également nos remerciements à tous les enseignants de département de biotechnologie, et toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

A tous mes camarades de la promotion.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents, que dieu les garde pour moi, qui m'ont éclairé le chemin de la vie par leurs grand soutien et leurs encouragements et les énormes sacrifices qu'ils m'ont consentis durant mes études et qui ont toujours aimé me voire réussir.

A mes sœurs, Baya, Ibtissem et Hadjer.

A ma sœur Amina son mari Yacine et ces enfants Bouchra, Meriem, Hafsa, Zakaria.

A ma sœur Nora son mari Zouhir et à ma adorable nièce Ritaje.

A toutes les personnes que j'aime.

A tout mes amis en particulier Assia, Faïsa, Hassiba.

HOURIA

Effet de quelques amendements organiques dans le contrôle des *Meloidogyne* (*Nematoda, Meloidogynidae*) et le développement des plants de Tomate.

RESUME

Les *Meoidogyne* constituent un problème majeur en agriculture ils se conservent dans le sol sous forme d'œufs et de larve infestantes (L2), prêtent à envahir les plantes installées. Le développement de biopesticide, notamment d'origine végétale ou animal, est une méthode qui contribue à assainir l'environnement et à protéger les cultures. Notre travail de recherche vise d'une part à évaluer l'effet des amendements des feuilles de la sauge «*Salvia officinalis*», du lombricompost et du fumier de bovin dans la régulation des nématodes à galles *Meloidogyne* et d'autre part à estimer leur effet biostimulant du développement des plants de tomate *var. Marmande*. Les résultats dévoilent que tous les traitements ont un bon potentiel dans la régulation des *Meloidogyne* et s'avèrent des stimulants de croissance des plants de la tomate non négligeable. Toutefois, ces activités varient en fonction du type d'amendement et de sa forme (fraiche ou sèche). En général les broyats frais des feuilles de la sauge et du lombricompost ont dévoilé une activité aussi importante dans le contrôle des *Meloidogyne* que celle du fertilisant conventionnel « NPK ».

Mots clés : Amendements organiques, Contrôle, *Meloidogyne*, Stimulant, Tomate

Effect of some organic amendments in the control of *Meloidogyne* (*Nematoda, Meloidogynidae*) and development of tomato plants.

Abstract

The *Meloidogyne* are a major problem in agriculture. They are preserved in the soil as eggs and infective larvae (L2), to invade the installed plants. The development of biopesticides, particularly vegetable or animal, is a method that contributes to a healthier environment and to protect crops. Our research work is aimed firstly to evaluate the effect of the amendments leaf sage "*Salvia officinalis*", vermicompost and cattle manure in the regulation of root-knot nematodes *Meloidogyne* and also to estimate their effect biostimulant on development of tomato plants "var. Marmande". The results reveal that all treatments have good potential in regulation of *Meloidogyne* and are proving to be growth stimulants of tomato plants. However, these activities vary depending on the type of amendment and its form (fresh or dry). Generally fresh crushed of sage leaves and vermicompost have revealed an important effectiveness in controlling *Meloidogyne* than conventional fertilizer «NPK».

Keywords: Organic amendments, Control, *Meloidogyne*, biostimulant, tomato

تأثير الأسمدة العضوية السيطرة الديدان الخيطية ذات العقد *Meloidogyne*
(*Nematoda Meloidogynidae*) وتطوير

تسبب الديدان الخيطية ذات العقد *Meloidogyne* مشاكل كبيرة في المجال الزراعي بحيث تحفظ في التربة على شكل بيض ويرقات مصابة (L2) الجاهزة . المبيدات الحيوية وخاصة النباتية أو الحيوانية تساهم هذه الطريقة في نظافة البيئة وحماية المحاصيل.

يهدف عملنا تقييم تأثير سماد الديدان وأوراق المريمية «*Salvia officinalis*» ودبال البقر كأسمدة عضوية في تنظيم الديدان الخيطية *Meloidogyne* وأيضا لتقدير تأثيرها التحفيزي الحيوي على تطور نبات الطماطم *var. Marmande* حيث أظهرت النتائج أن جميع العلاجات لها إمكانيات جيدة في تنظيم الديدان ذات *Meloidogyne* هذه الأنشطة تختلف وشكله () .

عموما استعمال المسحوق الرطب لأوراق المريمية «*Salvia officinalis*» سماد الديدان و هذه الأخيرة نشاط هام في مكافحة الديدان الخيطية ذات العقد *Meloidogyne* التقليدية «NPK» .

: أسمدة عضوية, , الديدان العقدية *Meloidogyne* , , .

Liste des figures

Figure 1 :	Morphologie d'une femelle de <i>Meloidogyne spp.</i>	4
Figure 2 :	larves de <i>Meloidogyne</i> à taille = 0,2 mm.....	4
Figure 3 :	Cycle de développement des nématodes à galles, <i>Meloidogyne spp.</i>	6
Figure 4 :	Dégâts sur racines de tomate (A), carotte (B), concombre (C), laitue (D) et sur tomates en serre (E) et melons en plein champ (F).....	10
Figure 5 :	<i>Salvia officinalis</i>	17
Figure 6 :	lombricomposteur verticale.....	19
Figure 7 :	Fumier de bovin.....	20
Figure 8 :	préparation des amendements testés.....	25
Figure 9 :	préparation des doses	25
Figure 10 :	préparation des doses d'engrais	26
Figure 11 :	Produit nématicide « Nématex »	26
Figure 12 :	L'obtention des larves (L2) de <i>Meloidogyne</i>	27
Figure 13 :	préparation de sol.	30
Figure 14 :	matériel végétal	30
Figure 15 :	mesure de croissance de la plante	31
Figure 16 :	racine de tomate infestée	32
Figure 17 :	étude de la fertilité des œufs de <i>meloidogyne</i>	32
Figure 18 :	œufs de <i>Meloidogyne</i> après dissociation des masses gélatineuse.	33

Figure 19 :	Variation de la croissance des plants de tomate en fonction des amendements et du temps.....	35
Figure 20 :	Effet des différents traitements sur la croissance moyenne des plantes de la tomate.....	36
Figure 21 :	Variation de la croissance journalière des plants de tomate en fonction des amendements et du temps.....	37
Figure 22 :	Effet des différents traitements sur la croissance journalière de la tomate.....	38
Figure 23 :	Variation de la biomasse racinaire (g) des plantes de tomate en fonction des amendements et du temps	39
Figure 24 :	Effet des différents traitements sur la biomasse racinaire des plants de tomate.....	40
Figure 25 :	Variation de poids aérien des plants de tomate en fonction des amendements et du temps	40
Figure 26 :	Effet des différents traitements sur la biomasse aérienne des plants de tomate.....	41
Figure 27 :	Variation de nombre de fleur de plant de tomate en fonction des amendements et du temps	42
Figure 28:	Effet des différents traitements sur la floraison des plants de la Tomate.....	43
Figure 29 :	Variation de degré d'infestation des racines en fonction des amendements apportés	44
Figure 30 :	Effet des différents traitements sur l'infestation des racines.....	45
Figure 31 :	Variation de développement des adultes male et femelle en fonction des amendements apportés.....	46
Figure 32 :	Effet des traitements sur le développement des adultes male et femelle	47

Figure 33 :	Variation de nombre de masse d'œufs en fonction des amendements apportés.....	48
Figure 34 :	Effet des différents traitements sur la fécondité moyenne des <i>Meloidogyne</i>	49
Figure 35 :	Variation de la fécondité des femelles de <i>Meloidogyne</i> en fonction des amendements apportés.....	50
Figure 36 :	Effet des traitements sur la fécondité par femelle de <i>Meloidogyne</i> .	51
Figure 37 :	Variation de la fertilité des <i>Meloidogyne</i> <i>Meloidogyne</i> en fonction des amendements apportés.....	52
Figure 38 :	Effet des amendements sur la fertilité des œufs de <i>Meloidogyne</i> ...	53
Figure 39 :	Schéma expliquant le modèle hypothétique de l'effet des traitements sur l'infestation des plants de tomate par nématodes à galles.....	58
Figure 40:	Schéma expliquant l'effet des différents traitements sur le développement des plants de tomate.....	61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Relation type de matière organique et fonctions.....	15
Tableau 2 :	Rôles des matières organiques.....	16
Tableau 3 :	Caractéristiques de différents types de fumiers de bovin.....	20
Tableau 4 :	Schéma du dispositif expérimental.....	29
Tableau 5 :	Modèle G.L.M. appliquée à l'effet des amendements sur la croissance moyenne des plants de tomate.....	35
Tableau 6 :	Modèle G.L.M. appliquée à l'effet des amendements sur la croissance journalière moyenne des plants.....	37
Tableau 7 :	Modèle G.L.M. appliqué à l'action des traitements et des doses utilisées sur la biomasse racinaire.....	39
Tableau 8 :	Modèle G.L.M. appliqué à l'effet des amendements sur la biomasse aérienne des plants de tomate.....	41
Tableau 9 :	Modèle G.L.M. appliqué à l'effet des amendements sur la floraison de plante de tomate.....	43
Tableau 10 :	Modèle G.L.M. appliqué à la variation des infestations des plants par les <i>Meloidogyne</i> (nombre de galles).....	45
Tableau 11 :	Modèle G.L.M. appliqué à la variation du développement des adultes.....	47
Tableau 12 :	Effet des différents traitements sur le nombre de masse d'œufs.....	48
Tableau 13 :	Modèle G.L.M. appliqué à la variation de nombre d'œufs pondus par femelle de <i>Meloidogyne</i>	50
Tableau 14 :	Modèle G.L.M. appliqué au nombre d'œuf de <i>meloidogyne</i> éclos.....	52

TABLES DES MATIERES

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Summary

Liste des figures

Liste des Tableaux

TABLES DES MATIERES

Introduction..... 1

Partie I : Analyse bibliographique

Chapitre I : Données bibliographiques sur les nématodes à galles.....	3
I.1 Généralités.....	3
I.2 Caractères morphologiques.....	3
I.3 Cycle biologique.....	4
I.4 Les facteurs de développements des <i>Meloidogyne</i>	7
I.4.1 Effet de la température.....	7
I.4.2 Effet de l'humidité.....	7
I.4.3 Effet de la nature du sol.....	7
I.4.4 Effet du PH.....	8
I.4.5 Effet de la plante – hôte.....	8
I.5 Action des <i>Meloidogyne</i> sur la plante hôte.....	8
I.6 Moyens de lutte contre les <i>Meloidogyne spp</i>	10
I.6.1 Méthodes prophylactiques et culturales.....	11
I.6.2 Lutte biologique.....	11
I.6.2.1 Les micro-organismes.....	12
I.6.2.2 Les plantes nématocides.....	13

Chapitre II : donné bibliographique sur les amendements organiques...	15
II.1 Généralités sur les amendements organiques.....	15
II.2 Présentation des amendements utilisés	16
II.2.1 Présentation de <i>Salvia officinalis</i> (MEHTA, 2012).....	16
II.2.1.1 Généralités.....	16
II.2.1.2 Position systématique.....	16
II.2.1.3 Description morphologique.....	17
II.2.1.4 Composition chimique.....	17
II.2.2 Présentation du lombricompost.....	18
II.2.2.1 Généralités.....	18
II.2.2.2 Le lombricompostage.....	18
II.2.3 Présentation de Fumier.....	19
II.2.3.1 Généralités.....	19
II.2.3.2 La composition chimique.....	20
II.3 Importance des amendements organiques.....	21
II.3.1 Effet sur le sol, la culture et les microorganismes.....	21
II.3.2 Effet sur les nématodes.....	22

PARTIE II : Travail expérimental

CHAPITRE I : Matériel et méthodes.....	24
I.1 Les objectifs.....	24
I.2 Méthodologies.....	24
I.2.1 Préparation des amendements organiques testés.....	24
I.2.2 Préparation des doses.....	25
I.2.3 Obtention et préparation des larves (L ₂) de <i>Meloidogyne</i>	26
I.2.4 Préparation du sol.....	27
I.2.5 Préparation du matériel végétal.....	28
I.2.6 Dispositif expérimentale.....	28
I.3 Les paramètres analysés.....	30
I.3.1 L'effet biofertilisant des amendements sur les plants de tomate...	30
I.3.1.1 Effet sur la croissance des plants	30

I.3.1.2	Effet sur la biomasse fraîche des parties aériennes et des racines des plants.....	30
I.3.1.3	Effet sur la floraison des plants de tomate.....	31
I.3.2	L'effet des traitements dans le contrôle des nématodes à galles...	31
I.3.2.1	Effet sur le taux d'infestation des plants de tomate.....	31
I.3.2.2	Effet des traitements sur le développement des adultes (mâles et femelles).....	31
I.3.2.3	Effet sur la fertilité des œufs.....	32
I.3.2.4	Effet sur la fécondité des femelles de <i>Meloidogyne</i>	32
I.4	Analyse des données.....	33
Chapitre II : Résultats et discussion		34
II.1	Evaluation de l'efficacité des amendements apportés sur le développement de la tomate var. Marmande.....	34
II.1.1	Effet des amendements sur la croissance moyenne des plantes...	34
II.1.2	Effet des traitements sur la croissance journalière moyenne des plants de tomate.....	36
II.1.3	Effet des traitements sur la biomasse racinaire.....	38
II.1.4	Effet des traitements sur la biomasse aérienne.....	40
II.1.5	Effet des traitements sur la floraison.....	42
II.2	Efficacité des traitements testés dans la régulation du développement des nématodes à galles.....	43
II.2.1	Effet sur le degré d'infestation par les <i>Meloidogyne</i> (Nombre de galles).....	43
II.2.2	Effet sur le développement des adultes (males et femelles).....	45
II.2.3	Effet sur la fécondité des femelles.....	47
II.2.3.1	Effet sur le nombre de masse d'œufs.....	47
II.2.3.2	Effet sur la fécondité par femelle de <i>Meloidogyne</i>	49
II.2.3.3	Effets des traitements sur la fertilité des œufs des <i>Meloidogyne</i>	51
II.3	Discussion générale.....	54

II.3.1	Efficacité des traitements de feuille de sauge, lombricompost et le fumier sur l'infestation des plants de tomate par nématodes à galles.....	55
II.3.1.1	Effets des traitements sur le nombre de galles.....	55
II.3.1.2	Effets des traitements sur la masculinisation des <i>Meloidogyne</i>	55
II.3.1.3	Effets des traitements sur la fécondité.....	57
II.3.1.4	Effets des traitements sur la fertilité.....	57
II.3.2	Impact des traitements des feuilles de sauge (<i>Salvia officinalis</i>), lombricompost et le fumier de bovin sur le développement des plants de tomate.....	59
	Conclusion général	62
	Les références bibliographiques	63

INTRODUCTION

Les cultures maraichères ont une place importante dans l'économie de notre pays, elles occupent la deuxième position après les céréales dans la consommation quotidienne de l'Algérien. La tomate se situe en deuxième position après la culture de la pomme de terre.

Le mode de culture sous serre offre un microclimat qui réunit d'une part, les conditions optimales pour accroître la production et augmenter le rendement mais d'autre part, il favorise le développement et la pullulation de nombreux ravageurs qui occasionnent chaque année des pertes considérables à la production maraîchère. En Algérie IGHILI (1986) ; MOKABLI (1988) ; NADJI (1991) ; SMAHA (1991) ; SELLAMI *et al.* (1999) et NEBIH-HADJ SADOK (2000) affirment que les *Meloidogyne*, sont capables de se développer aux dépens d'un grand nombre de cultures maraîchères pratiquées en plein champ et sous serres. Les nématodes à galles endommagent sévèrement les cultures notamment les légumes et causent des pertes considérables de rendement principalement dans l'agriculture tropicale et subtropicale (SIKORA et FERNANDEZ 2005). Ce genre de nématode entraîne approximativement chaque année de grandes pertes de récoltes dans le monde CAYROL (1991). Les pertes occasionnées aux légumes par les nématodes à galles sont estimées de 11 à 25 p. cent en moyenne de la production totale par an (WHITEHEAD, 1998).

En Algérie, le recours aux nématicides reste le moyen le plus utilisé par les agriculteurs pour désinfecter le sol. Leur efficacité est en effet indéniable, du fait que ces produits ont eu souvent des effets positifs sur l'amélioration des rendements et la qualité des produits agricoles. Cependant, ces composés organiques de synthèse causent de sérieux problèmes à la santé humaine et à l'environnement (MEDJAHED, 2010).

Devant cette situation, les recherches se sont orientées vers une stratégie non polluante. La lutte biologique, avec entre autre, l'utilisation de plantes nématicides de la famille des Apocynaceae, telles que la pervenche de Madagascar (*Catharanthus roseus*) et les chrysanthèmes qui, cultivées conjointement avec la

INTRODUCTION

tomate, diminuent les populations de *Meloidogyne incognita* d'environ 30% (BAYONNE *et al.*, 2005). L'utilisation d'amendements organiques offrent également des avantages écologiques, économiques et agronomiques (EL BADRI *et al.*, 2008). De nombreux travaux ont montré que l'application des éliciteurs (COUDERCHET *et al.*, 2003) et des extraits d'algues (LIZZI *et al.*, 1998) sur une plante, peuvent activer préventivement ses réactions de défense qui conduit à l'augmentation de sa résistance aux bioagresseurs. Mais le recours à l'utilisation au lombricompost comme produit de stimulation des défenses naturelles est peu documenté. Ainsi, l'utilisation judicieuse des stimulateurs pourrait permettre de diminuer la quantité des intrants phytosanitaires nécessaire pour protéger une culture. Cette stratégie, peu exploitée suscite de plus en plus d'intérêt dans le domaine phytosanitaire.

Vu l'importance des amendements dans le développement des cultures et la régulation des bioagresseurs nous avons jugé opportun d'entamer ce travail afin d'évaluer et comparer les potentialités biocides et stimulantes de trois types d'apports ; les feuilles de *Salvia officinalis*, le lombricompost et le fumier de bovin.

Chapitre I : Données bibliographiques sur les *Meloidogyne*

I.1 Généralités

Les *Meloidogyne* sont des nématodes répartis partout dans le monde. Ce genre est c cidog ne très polyphage, s'attaque aux plantes cultivées sous serre, en plein champ et même aux cultures spontanées. Le genre *Meloidogyne* est le genre le plus anciennement connu, non seulement par des spécialistes de la défense des cultures, mais des cultivateurs eux même a cause des galles, qui se forment au niveau des racines, dites noueuses, on l'appelle aussi maladie de la patate (de GUIRAN et NETSCHER, 1970). Ce genre constitue le groupe de nématode le plus important. Ils comptent parmi les ravageurs le plus redoutables de nombreuses et importantes cultures (BAYER, 1982). Selon NETSCHER et SIKORA (1990), toutes les espèces de *Meloidogyne* sont considérées comme étant des espèces polyphages. Ils présentent une gamme d'hôte appartenant à diverses familles botaniques (de GUIRAN, 1983). D'après de GUIRAN (1971), les plantes hôtes des espèces de *Meloidogyne* avoisinant les 2000 espèces végétales. Parmi les soixante-quatre espèces de *Meloidogyne* pressantes dans le monde, (TAYLOR, 1987), quatre sont d'une importance économique considérable et qui sont : *M. incognita*; *M. arenaria* ; *M. javanica* ; *M. hapla*, (EISENBACK et TRIANTAPHYLOU, 1990 ; B'CHIR, 1996).

En Algérie, DELLASSUS a signalé la présence de ce genre en 1928 sur les cultures maraichères, (RITTER, 1971).

I.2 Caractères morphologiques

Les *Meloidogyne* sont des nématodes endoparasites sédentaire, ils sont caractérisés par un dimorphisme sexuel très marqué. Les femelle sont piriformes et globuleuses immobiles, d'une teinte blanchâtre, et peuvent atteindre un diamètre de 1 1,5 mm. (NETSCHER ; 1965). Elles présentent un stylet qui permet de perforer les cellules des vaisseaux conducteurs de sève, (BERTRAND, 2001) (Fig. 1). Les larves sont vermiformes, pointues à l'extrémité postérieure (Fig. 2), d'une longueur variant de 0,3 à 0,5 mm et d'environ 10 μ de diamètre. (de GUIRAN et NETSCHER, 1970).

Les mâles formés après la 4^{ me} mue, sont vermiformes, longs de 0,8 a 2 mm, avec une queue arrondie, libre dans le sol.

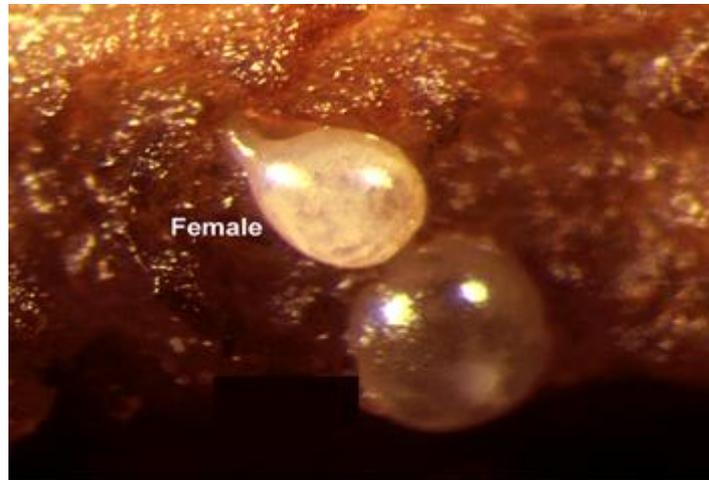


Fig.1 : Morphologie d'une femelle de *Meloidogynespp.*
(SARDANELLI *et al.*, 1999)



Fig. 2 : larves de *Meloidogyne*   taille = 0,2 mm
(DJIAN-CAPORALINO *et al.*, 2009)

I.3 Cycle biologique

Les nématodes à galle sont des endoparasites sédentaires dont le cycle de vie se déroule en 2 phases (Fig.3) une phase dans le sol dite exophyte représentée par les œufs et les larves du deuxième stade et une phase endophyte se fait à l'intérieur des tissus végétaux, elle concerne le reste des stades de développement

(L3), (L4), (L5) mâles et femelles (ORION, 1995). Ces stades élaborent des sites nourriciers au niveau du cylindre central des racines (où est véhiculée la sève) permettant l'établissement du parasite. Ce site nourricier induit par les sécrétions salivaires du nématode est constitué de 5 à 6 cellule hypertrophiées (cellules géantes) qui lui permet d'accomplir son cycle de vie (le nématode n'aura en effet qu'à ponctionner avec son stylet buccal dans ces cellules géantes pour se nourrir) (DJIAN-CAPORALINO *et al.*, 2009).

Ce genre de nématodes présente une reproduction sexuée ou parthénogénétique variant selon les espèces, les conditions du milieu et la plante-hôte (BONNEMAISON, 1961). Le cycle de développement des *Meloidogyne spp* passe par cinq stades larvaires séparés par quatre mues (fig. 3), (SASSER, 1989 in TABOUCHE, 2000). Les femelles adultes de *Meloidogyne* pondent des œufs réunis par une substance gélatineuse en une masse à l'intérieur de laquelle on peut trouver des œufs à tous les stades de leur développement, depuis le stade unicellulaire jusqu'aux larves prêtes à éclore. Le développement d'un œuf entre ces deux stades, prend de sept à neuf jours à 28 °C. Pendant cette période, les nématodes subissent une première mue et les larves qui éclosent sont donc des larves de deuxième stade. (de GUIRAN et NETSCHER 1970).

Les *Meloidogyne* vivent dans le sol sous forme de larves du deuxième stade (MESSIAN *et al* ; 1991). Les juvéniles du deuxième stade pénètrent dans les racines grâce à leur stylet et se fixent au voisinage du cylindre central où elles vont subir les différentes mues pour atteindre les stades mâle ou femelle. D'après (EDER *et al.*, 2010), Elles s'y développent en provoquant la formation d'une galle racinaire typique, Chaque femelle peut pondre jusqu'à 500 œufs. Les larves qui y sont issues pénétreront à leur tour dans les racines, provoquant de nouveaux dégâts. En fonction de la température, on dénombre 3 à 6 générations par année.

La durée de ce cycle est très variable selon les conditions externes (de trois à huit semaines, six semaines à 25°C) (BERTRAND, 2001). Ce genre préfère les températures relativement élevées (18 à 27°C) que l'on rencontre dans les sols légers et sableux ; excepté l'espèce *M. hapla* qui s'accommode aux températures plus basses (BLANCARD ; 1988)

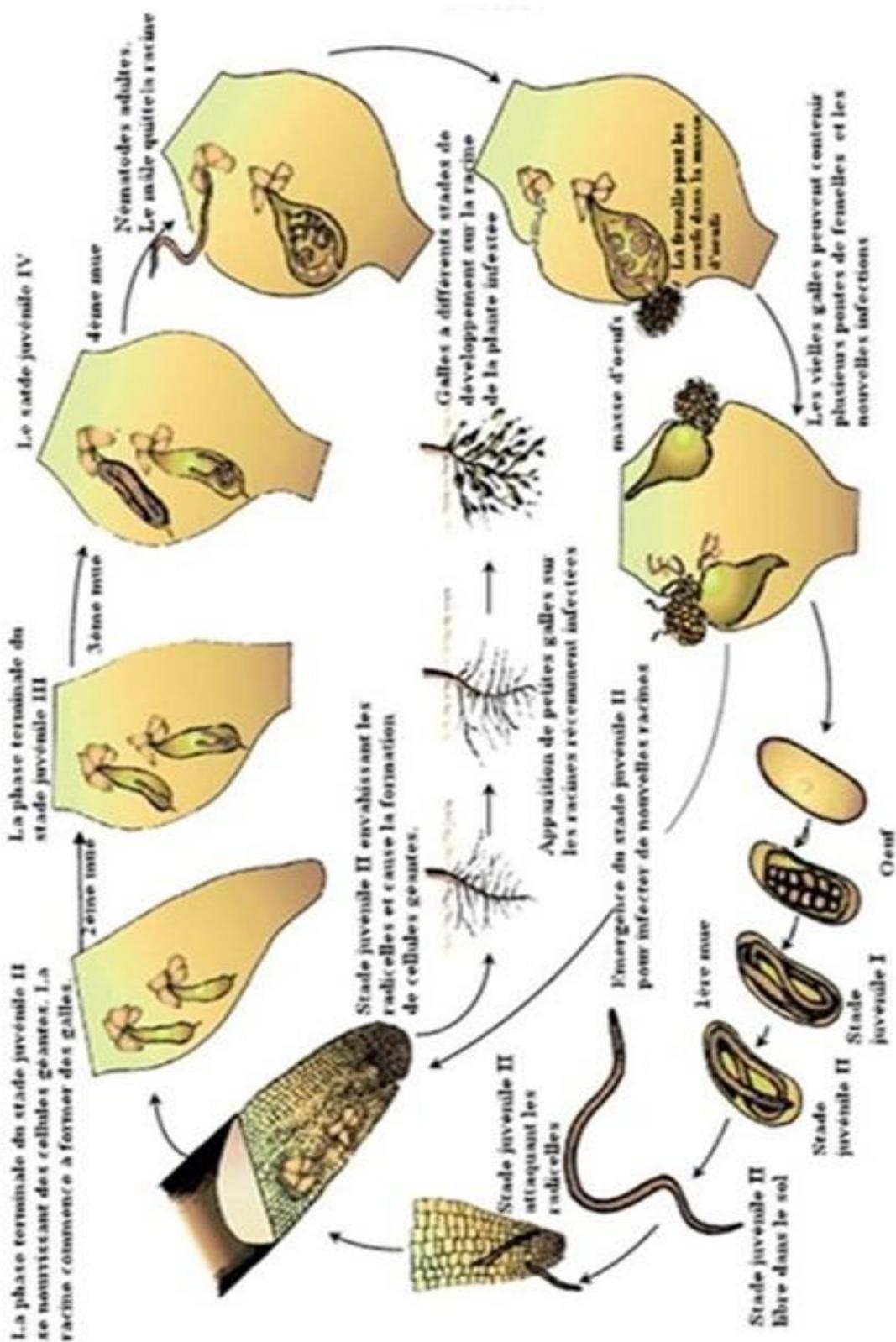


Fig.3 : cycle de développement des nématodes à galles *Meloidogyne* spp. D'après Agrios (2005)

I.4. Les facteurs de développements des *Meloidogyne*

Le développement des *Meloidogyne* peut être influence par plusieurs facteurs. Parmi ces facteurs on peut citer les plus importants tels que la température, l'humidité, la nature du sol, le pH, la plante hôte.

I.4.1 Effet de la température

La température est un facteur très important pour longévité des œufs, des larves, les mouvements des individus de ce genre pour la migration, la pénétration dans les racines, ainsi que pour leur développement (RITTER, 1973). Selon VANGUNDY (1985), l'optimum de développement et de reproduction pour *M. javanica* est à 25 et 30°C par contre l'optimum de survie des œufs et des larves est à 10 et 15°C. REDDY (1983) affirme que les nématodes sont inactifs à des températures allant de 5 à 15°C et 30 à 40°C. L'activité optimale se situe entre 15 et 30°C en dépassant les extrêmes.

I.4.2 Effet de l'humidité

L'activité des espèces de *Meloidogyne* est maximale dans un sol ayant un taux d'humidité compris entre 40 et 60 % de la capacité du champ, (REDDY, 1983). Selon BONNEMAISON (1961), les larves de *Meloidogyne* peuvent survivre plusieurs mois dans les sols humides. Par contre dans les sols secs elles vivent quelques semaines.

Dans les sols saturés en eau s'observe un déficit d'oxygène qui réduit le taux d'éclosion des œufs mais aussi le métabolisme, la mobilité et le pouvoir infestant des L2. Le développement en femelles est ralenti et parfois la mort des L2 est observée (VAN GUNDY, 1985).

I.4.3. Effet de la nature du sol

Selon SCOTTO LAMASSES (1986), cette dernière affecte les déplacements et les mouvements des *Meloidogyne* ainsi, les *Meloidogyne* pullulent dans les sols sableux et légers que dans les sols lourds.

En Algérie, l'étude de SMAHA (1991), dans les sols du littoral montre que le taux d'infestation des nématodes à galles est plus important dans les sols sablo-limoneux (de l'ordre de 100 %) par rapport aux sols limono-argileux (de l'ordre

de 63,40 %). (YEZLI, 1995) expliquent que la texture argileuse inhibe le développement de *Meloidogyne*, notamment pour *M.incognita*. de GUIRAN (1971) rajoute que les sols légers, bien aérés et pauvre en matière organiques sont très favorables au développement et à la pullulation de ce genre.

I.4.4. Effet du pH

D'après WALLACE (1966), un PH compris entre 4 et 8 permet un bon développement des espèces de *Meloidogyne*. En sol acide l'infestation par ce nématode est moins sévère qu'en sol neutre ou alcalin, (REDDY, 1983)

I.4.5. Effet de la plante - hôte

La plante est un facteur primordial affectant la durée du cycle du développement des *Meloidogyne* (BONNE MAISON, 1961). Elle a un effet positif sur la fécondité des nématodes à galles (DE GUIRAN et VILLEMEN, 1980 ; HUANG, 1986).

Les exsudats racinaires des plantes hôtes stimulent et intensifient l'éclosion des œufs du genre *Heterodera* (CAUBEL et CHAUBET, 1985 et Di Vito, 1986) Cependant, aucun effet similaire n'a été enregistré pour le genre *Meloidogyne* (EKANAYAKE et DI VITO, 1984 ; DALMASSO *et al.*, 1985 ; ROHINI *et al.*, 1985). Par ailleurs, d'autre plantes présentent des exsudats très toxiques vis à vis des nématodes à galles comme le genre *Tagete* (*Tagete patula*), (PLOEG, 2000).

I.5. Action des *Meloidogyne* sur la plante hôte

Les *Meloidogynese* développent sur de nombreuses cultures (BAYER, 1982). Toutes les espèces du genre sont considérées comme étant polyphage (NETSCHER et SIKORA 1990). Elles provoquent l'apparition de galles plus ou moins volumineuses sur le système racinaire (CHAMPIGNON, 1981). Le diamètre des 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).

Les plantes infestées montrent une croissance réduite, petites feuilles de couleur vert pâle ou jaune, la fructification est réduite (AGRIOS, 1978). Sur la culture au champ les symptômes apparaissent par foyers ou en lignes (zones de dépérissement) en des taches (les zones peuplées de nématodes) qui

s'étendent de plus en plus jusqu'à finalement couvrir toute la culture (BERTRAND, 2001). Par ailleurs, la relation qui existe entre les *Meloidogyne* et les micro-organismes du sol peuvent être à l'origine de plusieurs autres problèmes phytosanitaires à savoir certaines mycoses, bactérioses et viroses, (LOUNICI, 1991).   titre d'exemple la présence des *Meloidogyne* favorise les attaques de champignons tels que *Fusarium* ou *Verticillium albo-atrum* qui, à partir du sol, peuvent envahir les vaisseaux conducteurs de toute la plante (de GUIRAN, 1983). (Fig. 4)

Les problèmes phytosanitaires causés par ces ravageurs ont une incidence économique très importante à l'échelle mondiale. En Europe ; ils sont responsables de dégâts atteignant 10% de la production. Les dommages aux USA représentent annuellement 6 milliards de dollars. Aux philippines, une évaluation sur le terrain des pertes de rendements causées par l'infestation de *M.incognita* chez les bananiers du type Cavendish géant a révélé qu'un inoculum de 1000 larves de deuxième stade par plant provoquait 26.4% de perte (DIRK et ROMULO, 1998).

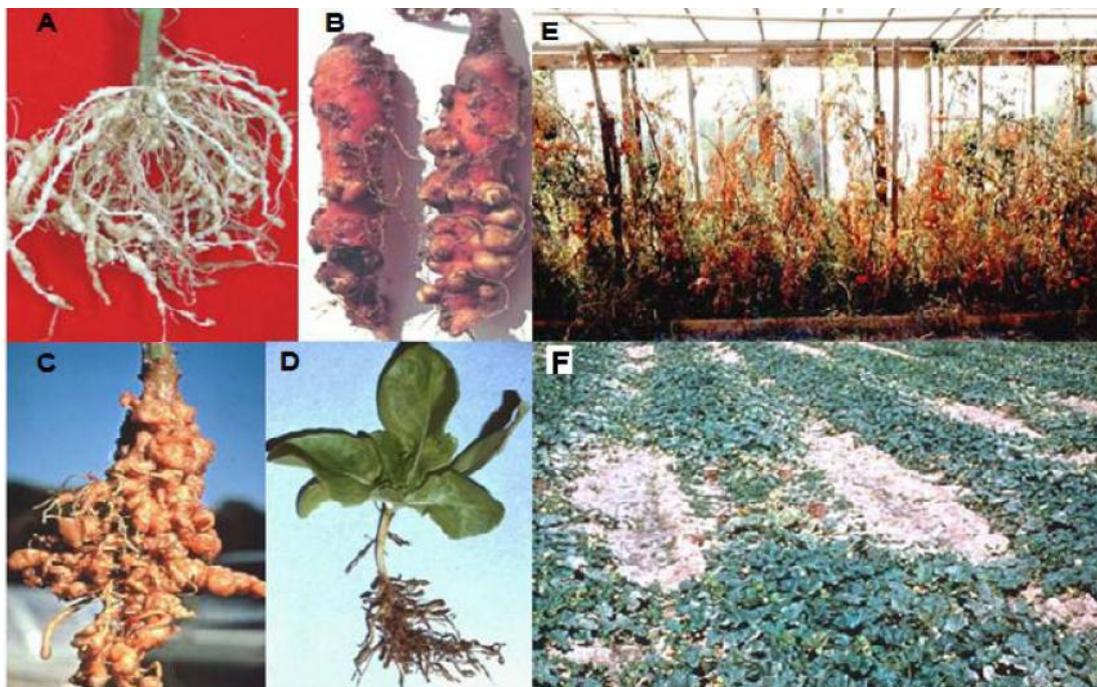


Fig. 4: Dégâts sur racines de tomate (A), carotte (B), concombre (C), laitue (D) et sur tomates en serre (E) et melons en plein champ (F) (DJIAN-CAPORALIN *et al.*, 2009)

En Algérie, l'estimation des infestations des cultures maraîchères est très important, en cas de forte attaque, elle est de 100 p. cent ; plusieurs serres sont infestées par les *Meloidogyne* dans la région de Rouïba (ALLILI 1985). Sur 1976 serres prospectées dans quelque région du pays 65,8 p. cent de serres sont infestées (MOKABLI, 1990 in ; ACHIR, 1992). De même ROUAG (1988) a signalé 57% d'abris serres infestées sur 6,9 prospectées dans la région de Zeralda. Alors que dans les communes de Bou-Ismaïl et Fouka KOUACHE (1991) a enregistré des infestations plus élevées sur ces mêmes spéculations. Les taux respectifs sont de 91,18 et 100% d'infestations.

Les régions du sud ne sont pas exemptées de ce genre de nématode. Dans la zone d'Ouargla sur 204 serres étudiées toutes les serres sont infestées par *M. javanica*. Par ailleurs, les plantes attaquées par les *Meloidogyne* meurent sans donner de récoltes quand le degré d'infestation est fortement élevé (ACHIR, 1992)

I.6. Moyens de lutte contre les *Meloidogynespp*

La lutte contre les nématodes nécessite une connaissance préalable du degré d'infestation du sol, qui peut être connu en se basant sur l'indice de galles (B'CHIR, 1981). Ainsi, pour chaque degré d'infestation du sol on préconisera la méthode de lutte appropriée. Il existe plusieurs méthodes de lutte contre *Meloidogyne spp*. Dont la lutte chimique, la Lutte physique, la lutte culturale et enfin la lutte biologique. Toutefois, toute méthode, quelque soit son efficacité, ne peut seule contrôler les populations de nématodes d'un champ infesté. Les différentes méthodes se fixent comme objectif de porter les populations de nématodes à un niveau économiquement acceptable ou sous un seuil de "nuisibilité" supportable par les plantes.

Dans notre étude nous allons développer les moyens biologiques pour poursuivre dans le thème qui nous été proposé. Vu le danger que présente la lutte chimique, l'homme voit son intérêt s'accroître pour les solutions de luttés respectueuses de l'environnement et de la santé humaine comme les moyens prophylactiques, culturales et biologiques.

I.6.1. Méthodes prophylactiques et culturales

Les précautions prophylactiques, consistent à éliminer toutes sources de contamination : débris végétaux, éviter le ruissellement des eaux d'un champ infesté vers un autre non infesté (de GUIRAN et NETSCHER, 1970). Sélectionner des plants de pépinière et des semences indemnes de *Meloidogyne* (NETSCHER et SIKORA, 1990). Nettoyage des outils aratoires, afin d'éviter la dissémination des nématodes vers des parcelles saines. (DUVAL, 1991).

Ces méthodes ne sont pas suffisantes en elle mêmes, mais sont un complément indispensable des autres moyens (de GUIRAN, 1983).

La rotation est un autre procédé conseillé pour réduire les populations de nématodes. A titre d'exemple pour les cultures de tomate en champs, une rotation avec les céréales ou autres graminée est préconisée. Alors que pour les cultures en serre, une rotation avec des fèves serait appropriée contre les *Meloidogyne* (DUVAL, 1991).

Dans un système de rotation l'utilisation de plante nématicide avec des cultures est préconisée et peut aboutir à de bons résultats. LUNG *et al.*, (1997) ont utilisé la Tagette comme plante nématicide, les résultats après une période de culture de deux (02) mois ont montré une réduction de la densité de population des nématodes de 95%.

I.6.2. 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 virus, de champignons, de bactéries et de nématodes sont disponibles sur le marché. La lutte biologique se développe et remplace de plus en plus la lutte chimique, particulièrement en agriculture biologique (MESSIANE, 1991).

I.6.2.1. Les micro-organismes

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

Selon CAYROL (1991), il existe environ plus de cent espèces de champignons endoparasites et piégeurs (prédateurs) qui détruisent les nématodes. Les plus actives sont représentées par *Arthrobotrys irregularis* (commercialisé sous le nom de S350 puis T350) (BERTRAND *et al.*, 2001), *Paecilomyces lilacinus* champignon ovocide considéré comme un auxiliaire naturel pour contrôler les populations de *Meloidogyne*. Il est commercialisé sur le nom BI0act, l'emploi de ce champignon reste très limité, car il n'est actif qu'en sols acides. (CAYROL, 1993). Et *Verticillium chlamydosporium* (KHAN *et al.*, 2003). Ce champignon permet de réduire les galles, les masses d'œufs et la population de *Meloidogyne*. (SAUNKARANARAYANAN *et al.*, 2000). Ces champignons ne sont efficaces que dans des conditions très précises et prennent un certain temps avant d'agir ce qui implique l'introduction des champignons jusqu'à deux mois avant la culture. La lutte biologique n'est donc pas à utiliser en cas d'urgence (DUVAL, 1991).

Certaines bactéries sont utilisées pour leurs substances toxiques comme *Streptomyces avermitilis* qui produit l'ivermectine qui est une toxine très efficace contre différentes espèces de nématode (DUVAL, 1991). Selon SIDDIQUI et MAHMOOD (1999) une large gamme de rhizobactérie est connue pour réduire les populations de nématodes, les plus importants sont ceux des genres *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Desulfovibrio*, *Pseudomonas*, *Serratia* and *Streptomyces*.

D'autres bactéries comme celles du genre *Pasteuria* sont de communs parasites des nématodes, non seulement des phytophages mais également des nématodes libres du sol (STURHAN *et al.*, 2005). *Pasteuria penetrans* est une bactérie parasite obligatoire contrôlant d'une manière efficace les espèces de *Meloidogyne* (CHANNER *et al.*, 1990; STIRLING, 1991). La réduction de la population de ces ravageurs peut atteindre 80% (BERTRAND *et al.*, 2001).

1.6.2.2 Les plante nématocides

Plus de 200 espèces de plantes sont signalées pour leurs propriétés nématocides (DJIAN-CAPORALINO *et al.*, 2008). Les substances actives peuvent être exsudées au niveau racinaire et agir soit en inhibant la pénétration des juvéniles dans les racines (effet répulsif du sésame), soit en inhibant l'éclosion des oeufs (effet ovicide de la graminée *Eragrostiscurvula*), soit en empoisonnant les nématodes (effet larvicide de la pervenche de Madagascar *Catharanthus roseus*).

Nombreuses espèces peuvent être utilisé tel que (*Tagetes spp*, *Crotalaria spectabilis*, *Chrysanthemum spp*, *Allium sativum*, *Cinnamomum verum* « Cannelle » et *Azardiracta indica* « Neem ») (DUKE, 1999 ;LEE *et al.*, 2001 ; SATTI *et al.* ,2003; PARK *et al.*,2005 ;SATTI et NASER ,2006 ; KONG *et al.*,2007). VEDIE *et al.* (2006) signalent que les extraits de crotalaire, d'ail, d'oignon, de poireau, de yucca ont montré une bonne activité toxique in vitro contre les nématodes. Cependant, aucun effet n'a été relevé avec ces molécules in vivo sur culture de tomate. La vitesse de dégradation des produits dans le sol et l'intensité d'infestation des sites peut expliquer ces mauvais résultats en conditions agronomiques. De nouveaux essais sont en cours avec le diméthyl disulfure (DMDS), produit de dégradation de l'*Aillicine* bien que sa production soit réalisée par synthèse chimique.

Les essais par les tourteaux végétaux et les amendements organiques comme « bio-fumigation » ont montré que l'apport printanier sur plusieurs années de tourteaux végétaux de neem et de ricin pouvait avoir une action cumulative intéressante. Les résultats étaient cependant aléatoires selon les années et les sites, et peu intéressantes lorsque les infestations étaient très fortes. Des études montrent également que les apports de matière organique compostée (végétale ou animale) améliorent le sol, augmentent la tolérance des plantes aux nématodes et ont une action bénéfique sur les prédateurs ou parasites de nématodes présents naturellement dans le sol. Les substances volatiles produites lors de leur décomposition (biofumigation) auraient un effet sur les nématodes à galles. Cependant, les résultats sont variables selon les types de sol et la température qui jouent sur la dégradation de la matière organique (DJIAN-CAPORALINO *et al.*, 2009).

L'étude réalisée par El BADRI *et al.* (2008) sur 27 extraits de plantes nématocides représenté par 21 espèces telle que *Dinbera retroflexa*, *Cucumis melovar.agrestis* (fruits), *Ecalyptus microtheca*, *Acacia nillotica* et *Chenopodium album* ont montrés un effet toxique sur les juvéniles de *M. incognita*. De même les extraits d'*Origanum syriacum* testé sur les larves de *M. javanica* ont causé une forte mortalité (OKA *et al.*, 2000).

Plusieurs travaux ont signalé l'efficacité des huiles essentielles vis-à-vis des nématodes. Ainsi, l'huile essentielle de *Pelargonium graveolens* L. (*Geraniaceae*) testée sur les larves de *M. incognita* a provoqué un taux de mortalité de 100% à une concentration de 826 µl/l (LEELA *et al.*, 1992).

D'après DAHMANE *et al.* (2013), les huiles essentielles de *mentha spicata* (*Lamiaceae*) et de *Foeniculum vulgare* (*apiaceae*) testées in vitro à différentes concentrations 25, 50, 100, 200, 400, 800 µl/l ont montré que le pourcentage de mortalité des larves du deuxième stade de *Meloidogyne incognita* est plus élevé à la dose de 800 µl/l après 72 heures d'exposition. Les taux respectifs sont de 90,9 et 83,5%. Alors que le pourcentage d'inhibition de l'éclosion des œufs est respectivement de 83,4 et 68,2 .

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

En Algérie SELLAMI et CHEIFA, (1997) montrent que la culture de *Tagetes erecta* placée deux mois avant la mise en place de la culture de tomate, diminue l'infestation du sol par les *Meloidogyne* et augmente la production. D'autres travaux ont été entrepris sur les substances naturelles d'origine végétale. A cet effet citons l'efficacité des extraits aqueux de *Tagetes erecta* sur la mortalité des juvéniles et l'inhibition de l'éclosion de *M. incognita* (SELLAMI et MOUFARAH, 1994 ; SELLAMI et ZEMMOURI, 2001) et les extraits des protéines solubles (cytoplasmiques et pariétales) de *Tagete sminuta* (NEBIH HADJ-SADOK et AOUNI, 2006)

Chapitre II : Donnés bibliographiques sur les amendements organiques

II.1 Généralités sur les amendements organiques

L'application des amendements organiques est une méthode traditionnelle qui permet de contrôler les nématodes phytoparasites d'une part (MANKAU, 1962; KHAN *et al.*, 1974 ; BADRA et OTEIFA, 1979) et d'autre part améliorer la fertilité et la structure des sols. SINGH *et al.* (1966) ont observé que le fumier de vache, le terreau de feuilles et les tourteaux de ricin, de moutarde diminuent les populations de *Meloidogyne* tout en augmentant la croissance de plants. Divers amendements organiques ont été utilisés comme méthode alternative aux moyens chimiques. Tels que de débris de plantes, de cultures, de foin (MIAN et RODRIGUEZ KABANA, 1982), le compost de déchets de crevettes (DIA, 1995), les plantes nématicides, les déchets protéiques et les résidus végétaux (OKA, 2010). Les fonctions des amendements varient selon type de la matière organique (HUBER et SCHAUB, 2011) (tableau 1)

Tableau 1 : Relation type de matière organique et fonctions

Type de MO	Fonctions
Matière organique vivante : végétaux et animaux vivants	Transformation/minéral
Matière organique fraîche : débris végétaux et animaux	Substrat énergétique et croissance/fertilité chimique
Matière organique transitoire : matières évoluées (cellulose réduite, lignine, protéines)	Substrat énergétique/fertilité physique (structure du sol)
Matière humique : lignine, cellulose, matières azotées microbiennes	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	- 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
	Rôle biologique = énergisant	Stimulation de l'activité biologique (vers de terre, biomasse microbienne)
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. Présentation des amendements utilisés

II.2.1. Présentation de *Salvia officinalis* (MEHTA, 2012)

II.2.1.1. Généralités

Salvia est une plante annuelle et biannuelle son nom vient du latin « salvare » qui signifie « sauver » ou « guérir ». Elle est d'origine méditerranéenne de la famille des labi es (DJERROUMI et NACEF 2004). Il existe environ 900 espèces identifiées dans le monde (LONGARAY *et al.*,2007 ; MAK SINOVIC *et al.*,2007). En Algérie les espèces qui ont été déterminées sont de l'ordre d'une trentaine. Plusieurs appellations ont été données à la sauge « sauge officinale ; thé de France; grande sauge; herbe sacrée » (ACHRCHARD 1837).

II.2.1.2. Position systématique

La classification du *Salvia officinalis* est la suivante selon MEHTA 2012:

Règne : *Plantae*

Famille : *Lamiaceae*

Division : *Magnoliophyta*

Genre: *Salvia*

Classe: *Magnoliopsida*

Espèce : *Salvia officinalis L*

Ordre : Lamiales

II.2.1.3. Description morphologique

C'est un arbuste vivace à tige ligneuse à la base (fig.5), formant un buisson dépassant parfois 80cm, rameaux vert-blanchâtre. Feuilles opposées, pétiolées, ovale assez épaisses, vert-blanchâtres; d'une odeur forte, pénétrante et comme camphré qui diminué peu par la dessiccation ; d'une saveur amère, chaude et aromatique (FOY 1843). Fleurs bleu-violacé clair en épis terminaux lâches, disposées par 3 à 6 en verticilles espacés. Calice campanulé à 5 dents longues et corolle bilabée supérieure en casque et lèvre inférieure trilobée; fruits en forme de tétrakènes (HANS 2007).



Fig.5: *Salvia officinalis* (ORIGINAL, 2015)

II.2.1.4. Composition chimique

La feuille de sauge contient essentiellement de nombreux polyphénols : des flavonoïdes et des acides phénoliques (acide caféique, acide chlorogénique, acide rosmarinique, etc....), l'acide diterpénique (la salvine), un principe amer (la picrosalvine) et un tanin de nature catéchique responsable de son action astringente (LU et YEAP, 2001).

Huile essentielle de *Salvia officinalis* est constituée -thujone (7,8-20,1%), Camphre (8,4-20,8%), bornéol (2,5-16,9%), γ -muurolène(2,9-13,8%), sclareol, alcool diterpénique bicyclique et parfum balsamique (5,923,1%).

Les différents pourcentages de ces composants dépendent des saisons, l'origine géographique, les facteurs de l'environnement, méthode de l'extraction, les organes de la plante, stage phonologique et les différences génétiques (KAMATOU *et al.*, 2008 ; RUSSO *et al.*, 2013).

L'huile essentielle est aussi antiseptique, ces propriétés lui permettent d'être particulièrement utile pour soigner les troubles digestifs : digestion lente et difficile, ballonnements, fermentations intestinales (LU et YEAP, 2001).

II.2.2. Présentation du lombricompost

II.2.2.1. Généralités

Appelé également vermicompost, le lombricompost est un produit organique issu d'un processus de décomposition de la matière organique particulier faisant intervenir des vers de terre. Les matières organiques sont ingérées et rejetées par les vers de terre sous forme de turricules, elles se présentent alors sous forme d'un amendement organique de couleur brun, stabilisé, de granulométrie très proche d'un compost (GAZEAU, 2012).

Le lombricompost est un amendement homogène et efficace permettant d'accroître la fertilité des sols en utilisant les matières organiques disponibles. Il présente des niveaux de contamination en microorganismes pathogènes bien plus faibles que le compost conventionnel (NDEGWA et THOMPSON, 2001).

II.2.2.2. Le lombricompostage

Selon COLLAERT (2009), le lombricompostage ou vermicompostage est une méthode écologique de valorisation et de transformation des déchets biodégradables en engrais naturel fondé sur l'utilisation de vers de compost. Le vermicompostage produit deux engrais naturels, un sous forme solide, le vermicompost ou Lombricompost qui est un amendement organique de premier ordre, l'autre liquide, le thé de compost.

Les déchets sont placés avec les vers dans un récipient appelé vermicomposteur ou lombricomposteur (fig.6) dans lequel est reconstitué un milieu favorable. Les vers se nourrissent des déchets qu'on leur apporte. La décomposition de la matière organique est principalement assurée par 2 espèces de vers: *Eisenia foetida* et

Eisenia endrei (HASSAN *et al*, 2010).Leurs déjections s'accumulent et constituent le lombricompost. L'eau contenue dans les déchets qui percole à travers le lombricompost en formation constitue le thé de compost (COLLAERT, 2009).

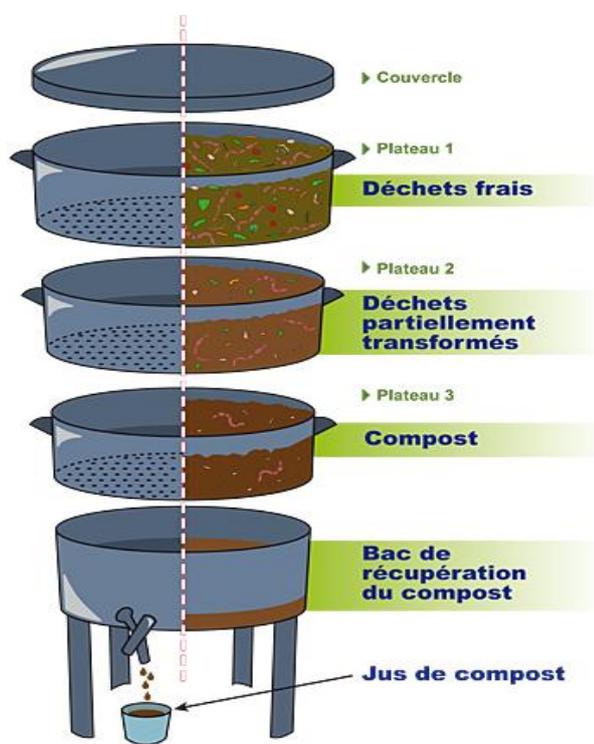


Fig.6 : lombricomposteur verticale (HASSAN *et al*, 2010)

II.2.3. Présentation de Fumier

II.2.3.1 Généralités

Les fumiers sont le résultat du mélange dans le bâtiment des déjections animales avec de la paille (ou une litière de copeaux, de sciures...), ce qui donne un effluent assez sec, facilement manipulable et stockable. Ils sont stockés après raclage sur une plate-forme. Les fumiers le plus souvent retournent sur les parcelles agricoles, pour apporter des éléments fertilisants et de la matière organique, qui améliorent la structure du sol (COOPENERGIE, 2011).

Le fumier de bovins (fig. 7) riche en matières organiques. Il améliore les terres légères. Il sera enfoui à l'automne après un compostage d'au moins six mois pour un fumier frais (incorporés par des façons superficielles). Le fumier de bovins chauffe peu, on ne l'utilise donc pas en couches chaudes (ANONYME, SD).



Fig.7 : Fumier de bovin (ORIGINAL, 2015)

II.2.3.2. La composition chimique

La composition chimique du fumier organique varie considérablement selon l'animal du quel il provient à savoir l'espèce, l'âge, le sexe, son type d'alimentation et selon la manière dont le fumier est traité. C'est-à-dire sa fraicheur relative et les conditions de stockage et le taux de dilution avec l'eau (COCHE *et al*, 1997).

Exemple : pour un fumier de vache laitière en stabulation libre, les teneurs varient :

- pour l'azote : de 3 à 9 kg/T
- pour le phosphore : de 1.5 à 4.5 kg/T
- pour le potassium : de 4.5 à 13 kg/T

Le tableau ci-dessous montre la composition chimique de plusieurs types de fumiers.

Tableau 3. Caractéristiques de différents types de fumiers de bovin (ANONYME, 1997; ANONYME, 2003).

Type de fumiers ou lisiers	Matière sèche (%)	Densité (t/m ³)	N (kg/t)	P2O5 (kg/t)	K ₂ O (kg/t)	NH ₄ ⁺ (%)	C/N
Bovin laitiers - fumier solide	21	0,80	5,7	3,6	5,3	31	16,6
Bovin laitiers - lisier	5	1	3,1	1,5	3,4	52	10,8
Bovin de boucherie (�levage intensif)-fumier	27	0,75	7,1	4,4	6	–	–
Elevage vache-veau fumier	26	0,75	4,8	2,4	4,92	–	–

II.3 Importance des amendements organiques

II.3.1 Effet sur le sol, la culture et les microorganismes

Il est opportun de constater que la matière organique intervient presque à tous les niveaux de l'ordre de priorité des améliorations à apporter au sol. La matière organique augmente la capacité de rétention en eau du sol. On estime que la matière organique peut retenir 20 fois son poids d'eau. Lors d'un apport de matières organiques fraîches, on assiste à une forte augmentation de la vie microbienne qui résulte d'une réactivation des souches de microorganismes et des populations des organismes supérieurs tels que les divers lombrics, les quels assurent un brassage d'importantes couches, augmentant l'aération et la porosité du sol (AMOUZOUVI, 2003). L'humus (matière organique) augmente la capacité de fixation des éléments minéraux. La matière organique accroît la capacité d'échange cationique (CEC) et améliore l'alimentation minérale des plantes (MARTIN, 2002). Les molécules de la matière organique sont elles-mêmes constituées par les éléments simples associés au carbone. Leur décomposition libère ces nutriments sous forme minérale dans la solution du sol, les rendant alors assimilables pour les plantes ou les organismes.

Le complexe argilo humique à travers l'humus et la matière organique non humifiée protège les particules du sol contre la dispersion (notamment l'argile). Il forme un ciment qui lie les constituants du sol à travers les agrégats résistant à l'action de la pluie à l'instar de l'érosion (AMOUZOU, 2003).

La matière organique maintient la structure du sol par la formation d'agrégats. La matière organique sous forme de fumier et de compost surtout, joue un rôle non négligeable contre les maladies racinaires en développant une microflore fongique prédatrice des nématodes. Le jus de compost est utilisé pour traiter les cultures contre les bioagresseurs (AMOUZOUVI, 2003).

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 (De CLERCQ *et al.*, 2004). Les composts peuvent permettre l'activation des mécanismes de défense de la plante (VALLAD *et al.*, 2003).

La production de composés toxiques dans le sol peut aussi être à l'origine de la réduction des populations d'agents pathogènes (COVENTRY *et al.*, 2006). Lors de la dégradation des amendements riches en azote, en fonction des caractéristiques

physico-chimiques du sol, il y a production d'ammoniaque, toxique pour de nombreux organismes et pour certaines formes de conservation des agents pathogènes (BAILEY et LAZAROVITS, 2003). D'après TENUTA et LAZAROVITS (2004) ont montré que les microsclérotés peuvent être détruits par l'ammoniaque et l'acide nitreux. Cependant, cette activité est très fortement dépendante du pH du sol.

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, car pendant la décomposition du fumier, dans le sol, il y a production de composés azotés nématicides (NAHAR *et al.*, 2006). L'effet suppressif du compost augmente généralement avec la quantité appliquée (NOBLE et COVENTRY, 2005).

L'amendement organique du sol libère des composés toxiques qui agissent directement sur les ennemis des cultures. Un exemple par l'incorporation de tourteau de neem dans les sols maraîchers pour lutter contre les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* (LAGHDAF 2004). En effet, la décomposition du tourteau libère des phénols qui tuent les nématodes (HAOUGUI,SD). Par ailleurs, l'application d'un amendement à base de tourteau de ricin à une dose de 2t/ha durant la préparation du champ a diminué la population des nématodes et a permis une amélioration du rendement des plantes. De plus ce tourteau sert à la culture de champignons et bactéries antagonistes aux nématodes (SOMASEKHAR *et al.*, 2003). FADILI (2003), affirme dans ces essais sur tomate que la poudre de ricin a permis une réduction de 84% des larves de *Meloidogyne spp.* Par rapport au témoin ou un nombre de larve de 129.4% a été enregistré.

Des tourteaux de moutarde *Brassica juncea* (AKHTAR et ALAM, 1991), d'olives (HOSSAIN *et al.*, 1992) ont montré un effet toxique sur les nématodes.

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 du sol comprennent de pH, la salinité et la conductivité électrique « CE », le dioxyde de carbone et les concentrations d'oxygène (OKA, 2010).

CHAPITRE I : Matériel et méthodes

Le développement de la chimie, conduit à une élimination des organismes nuisibles, et à une détérioration parallèle de la qualité de l'environnement. Vu leur effet négatif sur la santé, l'utilisation des pesticides est devenue de plus en plus restrictive (BENAYAD, 2008).

Les biopesticides d'origine végétale peuvent constituer une solution alternative aux produits chimiques (REGNAULT *et al.*, 2005). Plusieurs auteurs ont 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).

I.1 Les objectifs

Nous avons réalisé cette étude dans le but d'évaluer l'efficacité de trois types d'amendements (le lombricompost ; le fumier de bovin et les feuille de la sauge) dans le contrôle des nématodes à galles et 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 les broyats sec et frais des feuilles de la sauge « *Salvia officinalis* », du lombricompost et le fumier bovin séché (Fig. 8).

Les feuilles de sauge ont été récoltées au mois de février 2015 dans le département des Biotechnologies, de l'Université Blida1, Le lombricompost utilisé nous a été fournie par laboratoire de Phytopharmacie Appliquée. Le fumier testé d'origine animal (bovin), provient de la station expérimentale du département des Biotechnologies.

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

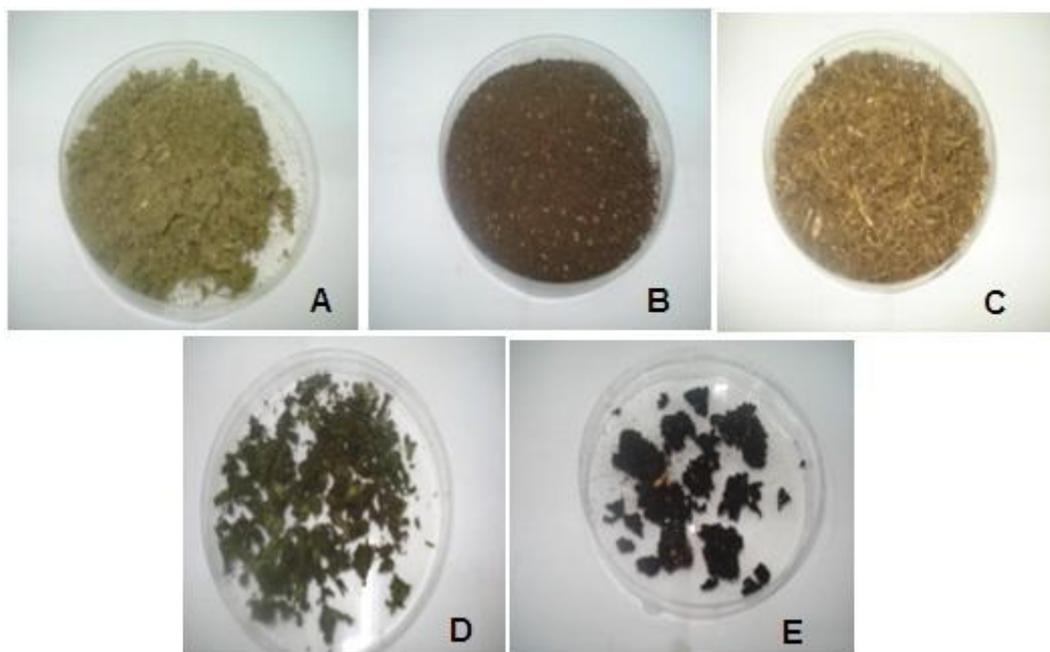


Fig.8: préparation des amendements testés.

A : sauge sèche, B : lombricomposte sec, C : fumier sec, D : lombricomposte frais, E : sauge fraîche.

I.2.2. Préparation des doses

Les doses utilisées pour les amendements testés frais et sec sont de l'ordre de 3% du poids du pot (TIMCHENKO et MAIKO, 1989). Après calcul par rapport au poids du pot de 160 g, la dose D1 est de 4,8 g et la demi-dose (D2) est 2,4 g. (Fig. 9)



Fig. 9 : préparation des doses (ORIGINAL,2015)

A : poids de pot, B : la dose, C : la demi-dose.

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

- 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(Fig.10)

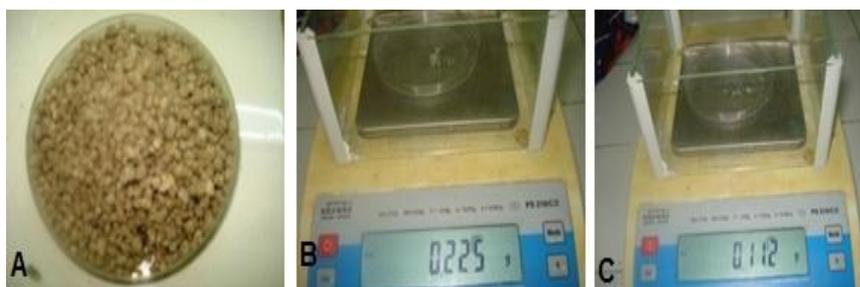


Fig.10 :préparation des doses d'engrais (ORIGINAL,2015)

A : NPKs ; B : dose (D1) NPKs; C : dose (D2) NPKs

- Un nématicide de synthèse commercialisé sous le nom nématex 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 prescrite. 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.



Fig. 11 : Produit nématicide « Nématex » (ORIGINAL ,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 ramenés au laboratoire de Zoophytiatrie sont lavées à l'eau courante puis mises dans une boite de Pétri en verre en vue d'extraire les masses

d'œufs. Cette opération s'est déroulée sous une loupe binoculaire au grossissement (x10) ou (x25), par la méthode de forceps en utilisant deux aiguilles entomologiques.

Les masses d'œufs isolées des femelles de *Meloidogyne* (15 à 30 masses) sont déposées dans de petits tamis en plastiques de 2 à 4cm de diamètre. Ces derniers sont placés dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau puis sont mises à l'étuve à 25C° en vue d'éclosion massive (fig. 12). Après éclosion, les larves (L₂) libérées progressivement dans l'eau sont récupérées et comptées quotidiennement à l'aide d'une loupe binoculaire (x40).

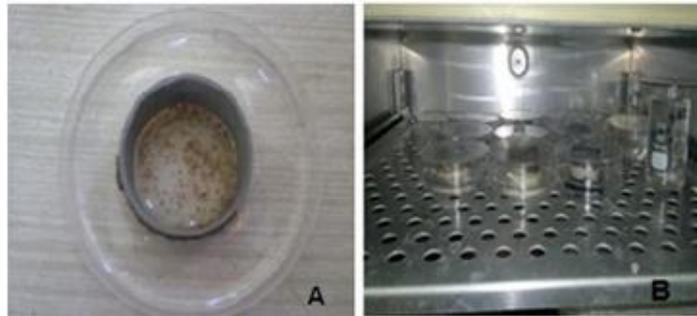


Fig. 12 : L'obtention des larves (L₂) de *Meloidogyne*

A : masses d'œufs dans un petit tamis, **B** : des tamis dans une étuve.

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 4200 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 (Fig.13). 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 160 g par pot.



Fig. 13 : préparation de sol. (ORIGINAL,2015)

A :Terre stérilisé ; 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 (*Lycopersicum esculentum* var. « Marmande » (Fig. 14).

Les semences sont déposées dans des alvéoles en plastique contenant de la tourbe imbibé d'eau, puis sont installer dans une serre.

Les plants à quatre vrais feuilles ont été transplantés immédiatement dans les pots. On se qui concerne les plantes infestés l'infestation et réalisée par les larves de *Meloidogyne* (L2) à raison de 100 L2/pot au niveau de collet 3 jours après transplantation.



Fig.14:matériel végétal (Original, 2015)

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

I.2.6. Dispositif expérimentale

Un total de 84 pots a été préalablement préparé avec leur sol et leur traitement selon les doses testées à raison de 3 répétitions pour chaque dose et chaque traitement.

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* 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 4.

Tableau 4 : Schéma du dispositif expérimental

Doses Traitements	Avec infestation par les larves		Sans infestation	
	D1	D2	D1	D2
Broyat sec sauge				
Broyat frais sauge				
Broyat sec lombricompost				
Brayat frais lombricompost				
Broyat sec fumier bovin				
NPK				
Nématicide chimique				

Témoin	sans infestation sans traitement	avec infestation sans traitement
Témoin		

I.3. Les paramètres analysés

I.3.1. L'effet biofertilisant des amendements sur les plants de tomate.

Pour apprécier l'effet des amendements sur le développement de la tomate, nous avons examiné dans ce travail trois 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.

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. Puis elles sont pesées séparément à l'aide d'une balance de précision pour estimer leurs biomasses (fig. 15).

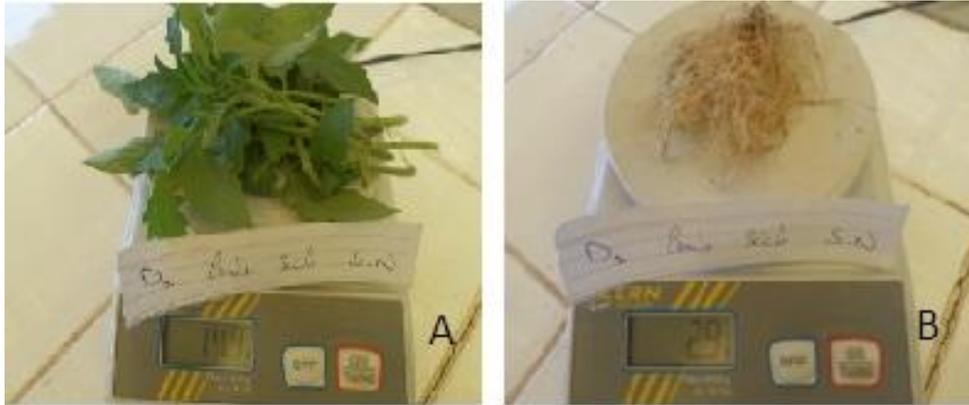


Fig.15 : mesure de croissance de la plante (ORIGINAL ,2015)

A : poids de partie aérien; B: poids de racine

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

Après la prise du poids des racines ceux qui ont été infestés sont mis de côté dans des boîtes de Pétriafin d'examiner et d'estimer le taux d'infestation par les larves de *Meloidogyne*. Cette étape est réalisée sous loupe binoculaire (x10) et en dénombrant les galles sur tout le système racinaire (fig.16.B).

I.3.2.2. Effet des traitements sur le développement des adultes (mâles et femelles)

Le dénombrement des mâles et des femelles a été réalisé à partir d'un échantillon de 1g de racine (PHILIS, 1994). Les galles sont dilacérées à l'aide d'aiguilles entomologiques sous loupe binoculaire (x10), les femelles présentes sont comptées (Fig. 16.A). 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.

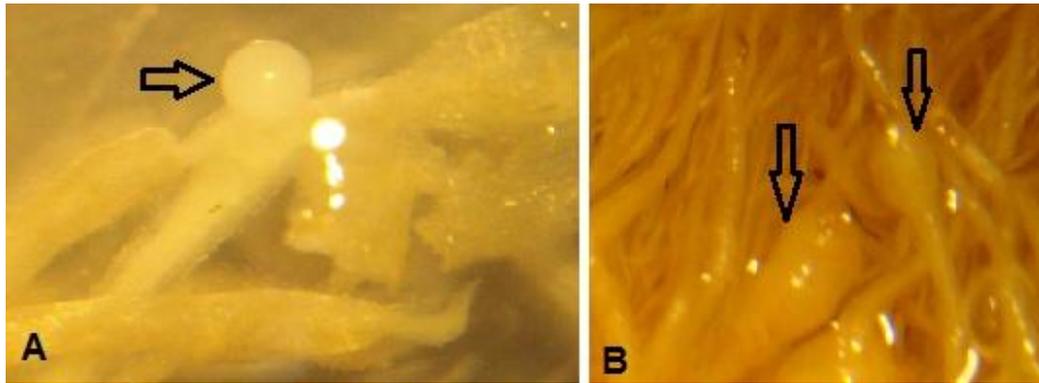


Fig.16 :racine de tomate infestée(ORIGINAL ,2015)

A : femelle sur racine ; B : galles sur racine

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 (fig. 17).

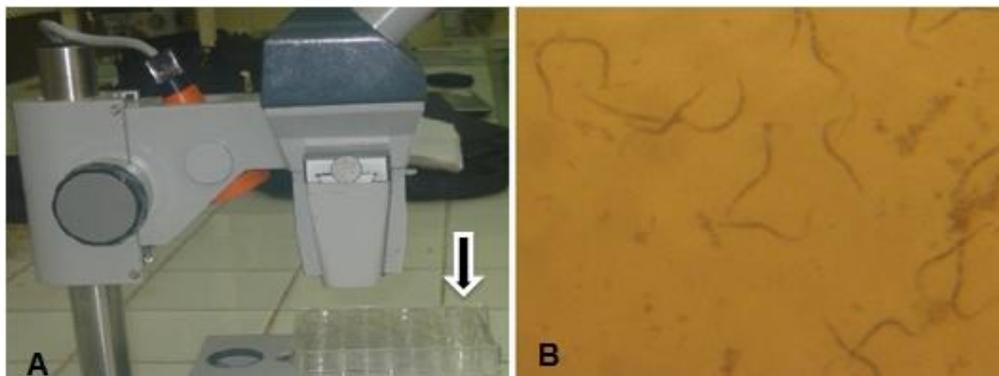


Fig. 17 :étude de la fertilité des œufs de *Meloidogyne* (ORIGINAL ,2015)

A : masses d'œufs dans des microplaques de culture cellulaire, sous loupe binoculaire; B : 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 (fig.18) sont comptés. La fécondité par femelle est calculée en considérant la moyenne des œufs des 5 masses.

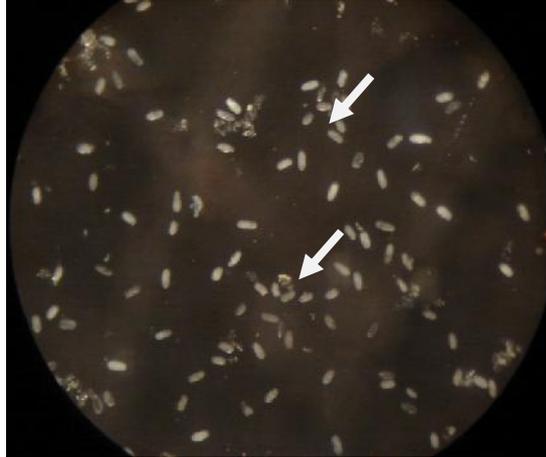


Fig. 18 :œufs de *Meloidogyne* après dissociation des masses gélatineuse
(ORIGINAL ,2015)

I.4. Analyse des données

Les données recueillies sur l'efficacité les amendements testés sont analysées statistiquement afin d'évaluer leur effet sur la régulation des *Meloidogyne* d'une part et leur action biofertilisante 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 19, 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. En comparaison avec le témoin, après 45 jours de suivi la croissance moyenne la plus élevée est observée pour les plants traités par le broyat frais de la sauge à forte dose D1. L'efficacité de ce biofertilisant est supérieure à celle du fertilisant chimique « NPK » (D1=30.66 cm). En ce qui concerne les autres amendements, nous avons ceux dont l'action se rapproche de celle du témoin (29 cm) comme le lombricompost frais à faible et forte dose (D2, D1 ; 29, 28.33 cm) et la sauge fraîche à forte dose (D1 ; 31.33cm). Alors que les autres apports affichent un effet négatif par rapport au témoin. La croissance moyenne la plus faible des plants est obtenue avec le fumier à faible dose D2 (21cm).

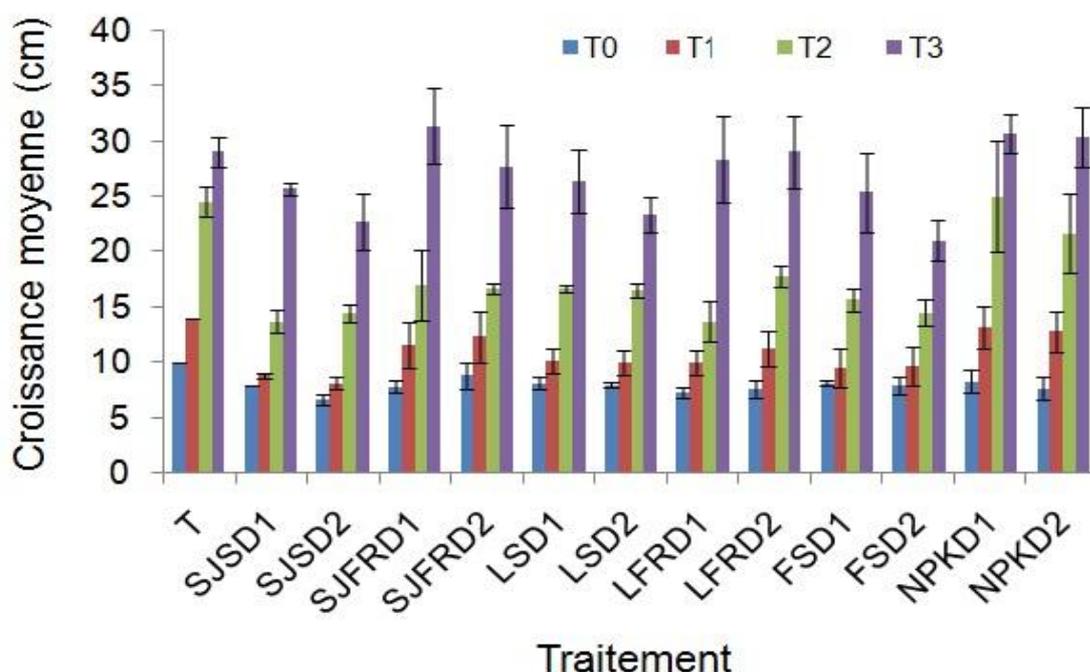


Fig. 19 : Variation de la croissance des plants de tomate en fonction des amendements et du temps

SJS: Sauge sèche ; **SJFR:** Sauge frais ; **LS:** lombricompost sèche ; **LFR:** lombricompost frais ; **FS:** Fumier sèche ; **D1:** dose ; **D2:** demi dose ; **T:** témoin (sans fumigant sans nématodes).

Pour interpréter nos résultats nous avons appliqué l'analyse de la variance modèle G.L.M. aux résultats obtenus. Le tableau 5 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 la variation par rapport aux doses elle est marginale avec une probabilité de ($P=0,096$; $P > 0,05$).

Tableau 5 : 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	508,784	6	84,797	17,180	0,000
Doses	13,444	1	13,444	2,817	0,096
Temps	8299,353	3	2766,451	560,477	0.000
Erreur	715,703	145	4,936		

La figure 20 confirme l'efficacité des amendements à l'état frais sur la croissance des plantes de tomate par rapport à ceux à l'état sec. En général les biofertilisants testés s'avèrent peu efficaces par rapport fertilisant conventionnel (NPK). Cependant, au niveau des doses on dénote une différence marginale pour

les doses utilisées pour chaque traitement. En général les amendements testés s'avèrent efficaces à forte dose (D1).

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

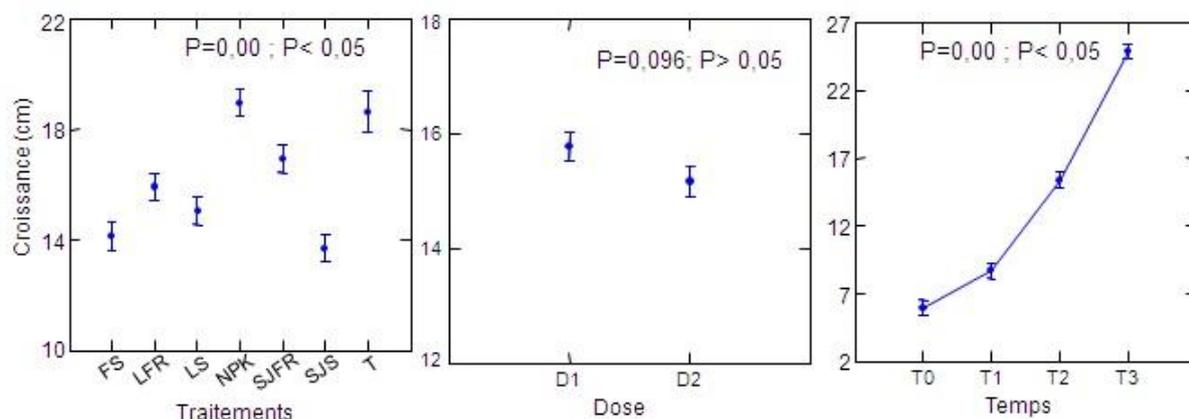


Fig. 20: Effet des différents traitements sur la croissance moyenne des plantes de la tomate.

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

D'après les résultats représentés dans la figure 21 nous constatons que la croissance journalière des plants de tomate varie en fonction du type de traitements et sa concentration.

La croissance journalière moyenne maximale a été enregistré avec la sauge fraîche à forte dose D1 (6,67cm). L'efficacité de se produit et presque similaire à celui du NPK utilisé à la demi dose D2 (6,58cm). Par ailleurs, l'effet du broyat sec de la sauge faible dose se rapproche de celui du NPK à faible dose (6,35 cm).

Aussi l'incorporation au sol du broyat frais de lombricompost (D1, D2) a présenté un effet positif sur la croissance journalière des plants de tomate (6,37 cm, 6,19cm).

Comparativement avec le témoin nous avons décelé un effet négatif sur la croissance journalière des plantes de tomate traitée par le fumier de bovin à la faible dose. La croissance moyenne journalière est de 3,61cm.

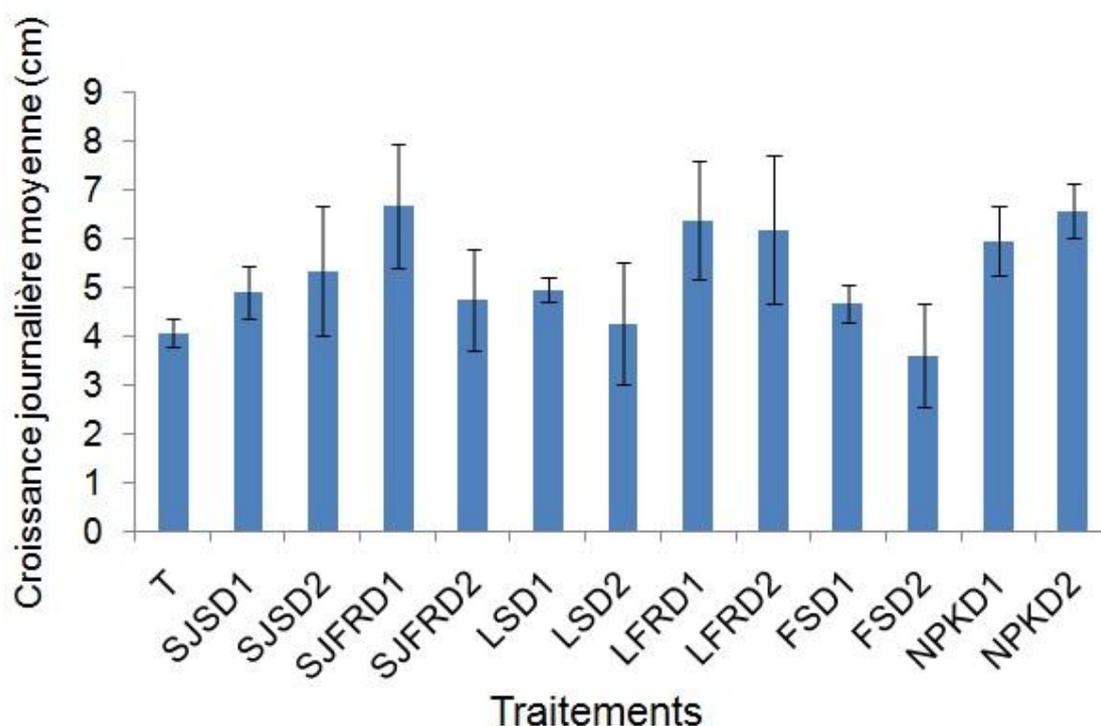


Fig. 21: Variation de la croissance journalière des plants de tomate en fonction des amendements et du temps

SJS: Sauge sèche ; **SJFR:** Sauge frais ; **LS:** lombricompost sèche ; **LFR:** lombricompost frais ; **FS:** Fumier sèche ; **D1:** dose ; **D2:** demi dose ; **T:** témoin (sans fumigant sans nématodes).

Les résultats obtenus sont confrontés à l'analyse statistique modèle G.L.M. tableau 6. Ces derniers révèlent que la croissance journalière moyenne varie d'une manière hautement significative selon le type de traitement ($p=0.002$; $p < 0.05$). Mais pour les doses elle est non significative ($P=0,238$; $P > 0,05$).

Tableau 6 : 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	22,250	5	4,450	4,961	0,002
Doses	1,361	1	1,361	1,454	0,238
Erreur	27,806	31	0,897		

En comparaison avec le témoin la figure 22 dévoile l'impact positif du lombricompost dont l'efficacité est comparable à celle du NPK. Suivi par la sauge à l'état frais et sèche. Par contre un effet négatif a été signalé pour les traitements au fumier et aux lombricompost à l'état sec.

En ce qui concerne la dose des amendements la différence est non significative quoique la forte dose D1 améliore la croissance des plants.

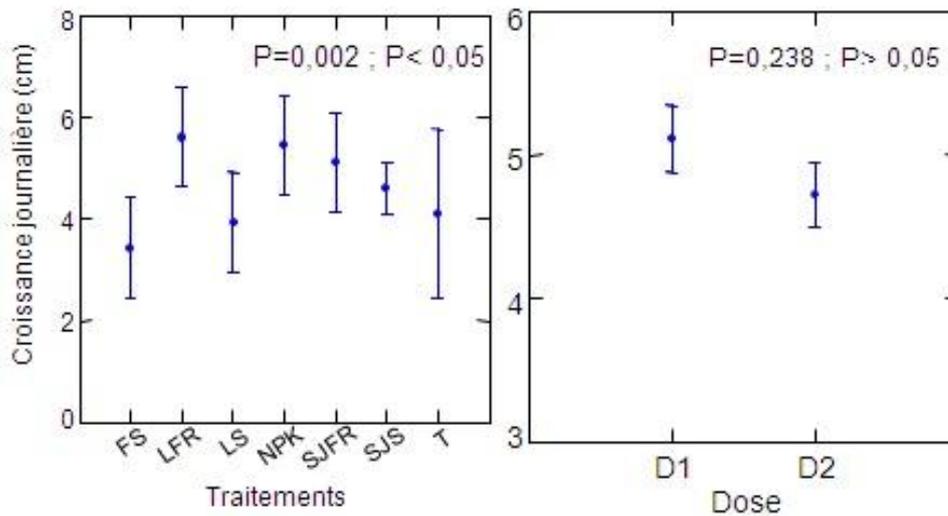


Fig. 22: Effet des différents traitements sur la croissance journalière de la tomate.

II.1.3. Effet des traitements sur la biomasse racinaire

Les résultats représentés dans la figure 23 résument l'effet des traitements et leurs doses sur la biomasse des racinaires. Ce paramètre étudié dépend du type d'amendement et de sa dose. En comparaison avec le poids moyen des plantes témoin (5,27 g), les résultats montrent que les amendements testés agissent faiblement sur la biomasse des racines de la tomate.

Toutefois en comparant les traitements, on note que la biomasse des racines de tomate la plus élevée est enregistrée avec l'application du sauge en poudre à la faible dose (3,8g). Alors que la plus faible masse est obtenue avec l'utilisation du lombricompost frais (1,66g).

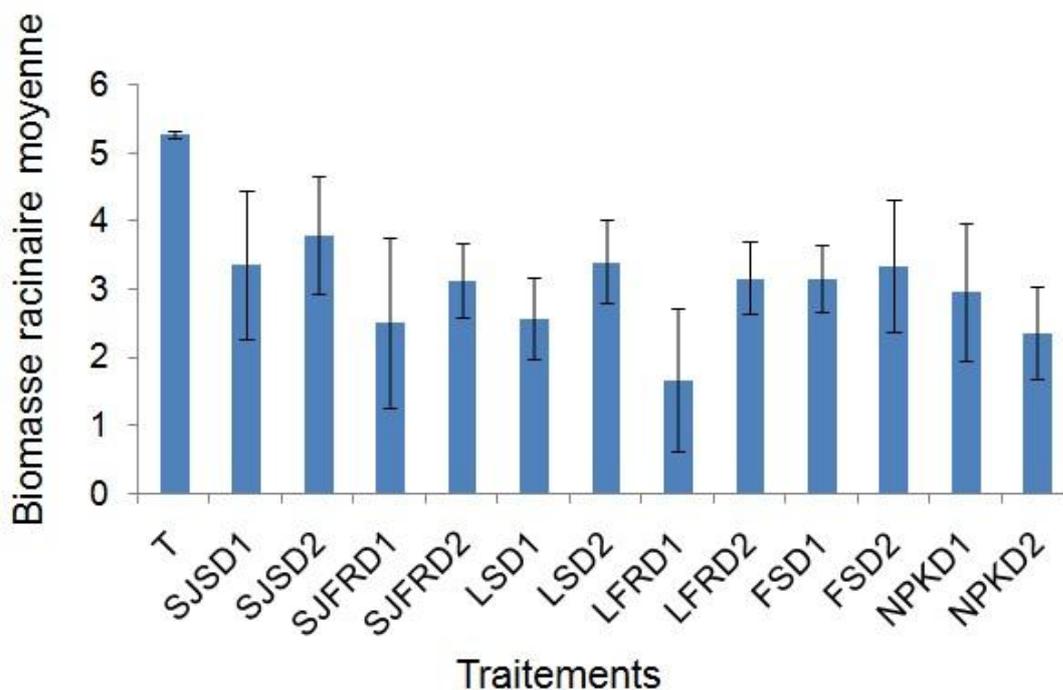


Fig. 23 : Variation de la biomasse racinaire (g) des plantes de tomate en fonction des amendements et du temps

SJS: Sauge sèche ; **SJFR:** Sauge frais ; **LS:** lombricompost sèche ; **LFR:** lombricompost frais ; **FS:** Fumier sèche ; **D1:** dose ; **D2:** demi dose ; **T:** témoin (sans fumigant sans nématodes).

Pour interpréter nos résultats nous avons effectué l'analyse de la variance modèle (GLM). Les résultats représentés sur le tableau 7 dévoilent une différence très hautement significative ($p=0.000$, $p<0.05$). Cependant, la différence entre les doses testées des amendements apportés sont non significative ($p=0.24$, $p>0.05$).

Tableau 7 : 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	21,974	6	3,662	7,983	0,000
Doses	2,778	1	2,778	5,664	0,024
Erreur	14,222	31	0,459		

La figure 24 confirme bien la différence entre le témoin et les traitements, les amendements apportés n'ont pas contribué dans la prolifération du système racinaire et l'augmentation de la biomasse racinaire des plants de la tomate.

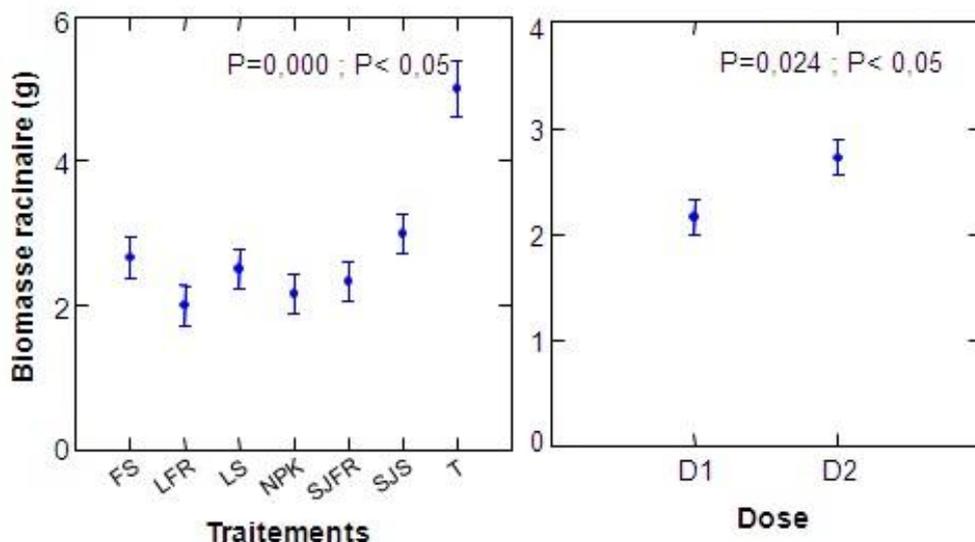


Fig. 24 : Effet des différents traitements sur la biomasse racinaire des plants de tomate

II.1.4. Effet des traitements sur la biomasse aérienne

Comparé aux plants témoins, les résultats montrent que la biomasse fraîche des parties aérienne de la tomate varie selon le type de fertilisation (fig. 25).

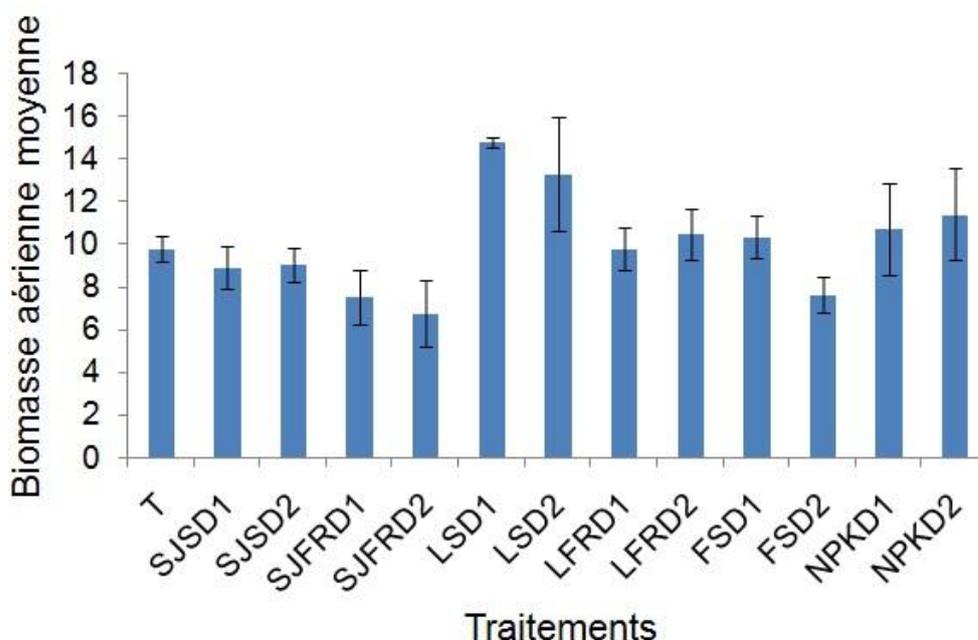


Fig. 25: Variation de poids aérien des plants de tomate en fonction des amendements et du temps.

SJS: Sauge sèche ; **SJFR:** Sauge frais ; **LS:** lombricompost sèche, **LFR:** lombricompost frais ; **FS:** Fumier sèche ; **D1:** dose ; **D2:** demi dose ; **T:** témoin (sans fumigant sans nématodes).

Les biomasses moyennes les plus élevées sont enregistrées avec l'application du lombricompost en poudre à la forte D1 et faible dose D2 (14,8g, 13,3g). Comparé au NPK (11.7g). Par ailleurs, nous enregistrons un effet similaire sur la production de la biomasse des parties aériennes avec lombricompost frais à faible dose (D2 ; 10.46 g) et fumier de bovin à forte dose (D1 ; 10.33 g). La biomasse la plus faible est enregistrée avec la sauge fraîche à faible dose (6,73 g). L'application du modèle G.L.M. à la variation de la biomasse aérienne des plants en fonction des traitements et leurs doses montre (Tableau 8) que cette dernière est fortement affectée par le type d'amendement ($p=0,000$; $p < 0,05$) et non significatif par les dose ($p=0.208$, $p>0.05$).

Tableau 8 : 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	162,667	5	32,533	20,489	0,000
Doses	2,778	1	2,778	1,659	0,208
Erreur	49,222	31	1,588		

La figure 26 montre que parmi les fertilisants testés lombricomposte sèche occupe la première position dans le développement des parties aériennes des plants de tomate. Le NPK occupe la seconde position. Alors que la sauge fraîche agit faiblement sur le poids frais des parties aériennes.

En ce qui concerne la concentration la forte dose (D1) et toujours plus efficace que la faible dose (D2), bien que l'analyse révèle un effet non significatif de ce facteur.

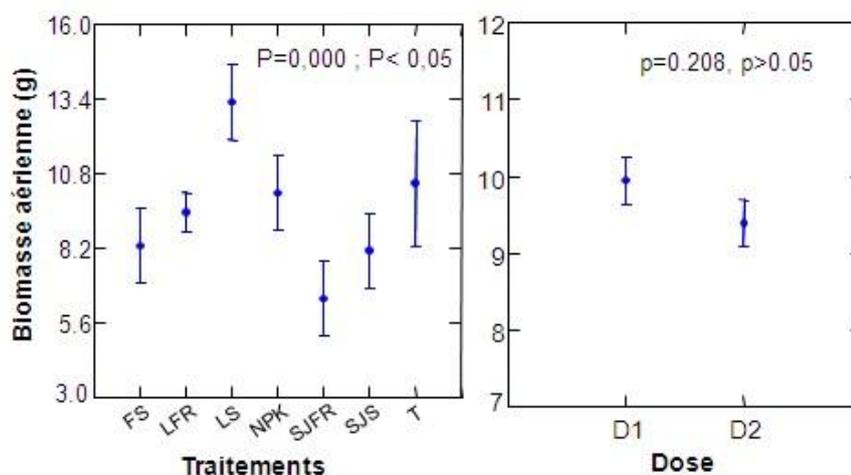


Fig. 26 : Effet des différents traitements sur la biomasse aérienne des plants de tomate.

II.1.5.Effet des traitements sur la floraison

Les résultats représentés dans la figure 27 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 le plus élevé est enregistré après l'application de lombricompost sèche à la dose D2 (7fleurs) et la dose D2 (6,66 fleurs). Les autres traitements et notamment le NPK n'ont pas contribué à une bonne production en fleurs des plant de tomate.

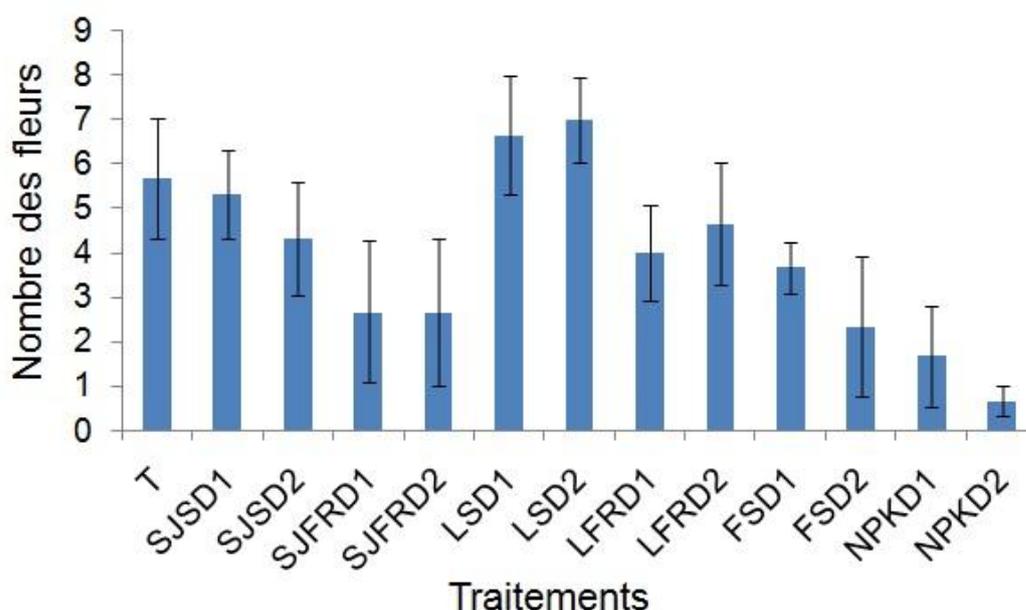


Fig. 27: Variation de nombre de fleur de plant de tomate en fonction des amendements et du temps

SJS: Saugé sèche ; **SJFR:** Saugé frais ; **LS:** lombricompost sèche, **LFR:** lombricompost frais ; **FS:** Fumier sèche ; **D1:** dose ; **D2:** demi dose ; **T:** témoin (sans fumigant sans nématodes).

L'analyse de la variance des résultats par le modèle (GLM), dévoilent (tabl. 9) une différence très hautement significative quant à l'effet des amendements sur la formation des fleurs de la tomate ($p=0.000$, $p<0.05$). Cependant, les doses testées n'affectent pas ce paramètre ($p=0.405$, $p>0.05$).

Tableau 9 : 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	120,436	6	20,073	13,726	0,000
Doses	1,000	1	1,000	0,713	0,405
Erreur	45,333	31	1,462		

La figure 28 montre que parmi les biofertilisants testés le broyat sec du lombricompost favorise la floraison des plants de tomate. Comparativement avec le témoin tous les autres traitements testés ne présentent aucun pouvoir pour le développement des fleurs. Quant aux doses leur action est négligeable.

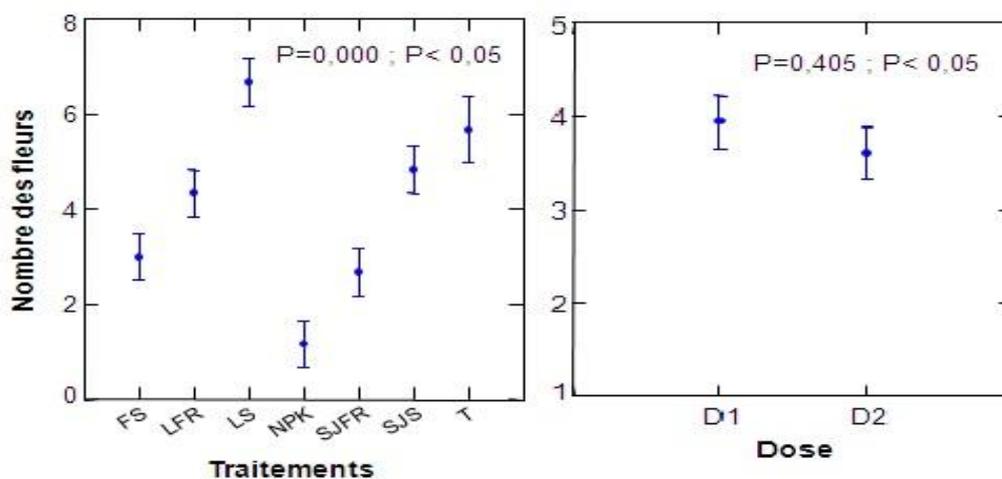


Fig. 28: Effet des différents traitements sur la floraison des plants de la Tomate

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 29) dévoilent qu'en comparant au témoin non traitée (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, la forme fraîche du broyat de la sauge à faible dose et du lombricompost à forte dose a entraîné forte diminution du nombre moyen de galles. Les effectifs moyens respectifs sont de 1,33 et 1,71 galles. Ces biofertilisants sont plus efficaces dans la réduction des infestations par les *Meloidogyne* que le NPK (D1=4,33 ; D2=7,66 galles). Néanmoins, leur effet biocide se rapproche de celui du nématicide de

référence (Oxamyl) ou aucune infestation n'a été enregistrée avec son utilisation (0 galles). Les apports du lombricompost frais à faible dose et sec à forte et faible dose ainsi que celui du broyat frais de sauge à forte dose ont contribué sensiblement dans la réduction des infestations des racines de tomate par les larves (L2) de *Meloidogyne*. Les nombres de galles moyens observés sont respectivement de (3 ; 4,33 ; 7.33 et 7.33 galles).

Les apports de fumier de bovin s'avèrent moins efficace dans la régulation des infestations des plants de tomate (D1 ; 25.66 et D2 ; 22.66 galles).

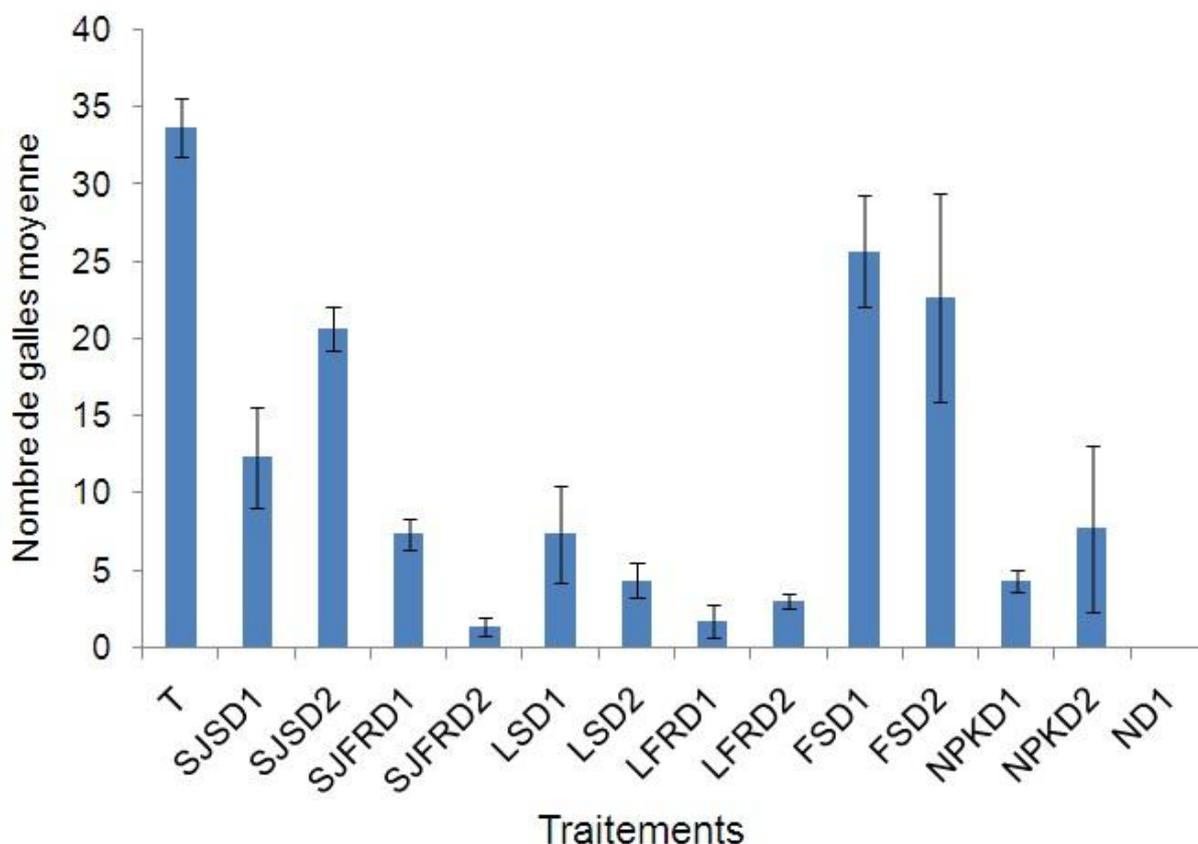


Fig. 29 : Variation de degré d'infestation des racines en fonction des amendements apportés

SJS: Sauge sèche ; **SJFR:** Sauge frais ; **LS:** lombricompost sèche, **LFR:** lombricompost frais ; **FS:** Fumier sèche ; **NPK:** Engrais chimique ; **N:** Nématicide chimique **D1:** dose ; **D2:** demi dose ; **T:** témoin (sans fumigant avec nématodes).

L'application du modèle G.L.M. aux résultats obtenus (tabl. 10), nous permet de déduire que les type d'amendements apportés affectent significativement le degré d'infestation des plants de tomate par les *Meloidogyne* ($P=0,000$; $P < 0,05$). Par contre, les doses testées sont sans effet sur les infestations ($P=0,876$; $P > 0,05$).

Tableau 10 : 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	3552.910	7	507.559	29.581	0.000
Doses	0.444	1	0.444	0.025	0.876
Erreur	566.222	33	17.158		

La figure 30 relative aux différents traitements dévoile l'efficacité différente des amendements testés. Une réduction importante des infestations des *Meloidogyne* a été induite avec les apports à l'état frais du lombricompost et des feuilles de sauge comparé à leur état sec notamment pour la sauge. Par ailleurs le moins actif contre les *Meloidogyne* s'avère le fumier de bovin. Quant aux doses leur action semble comparable.

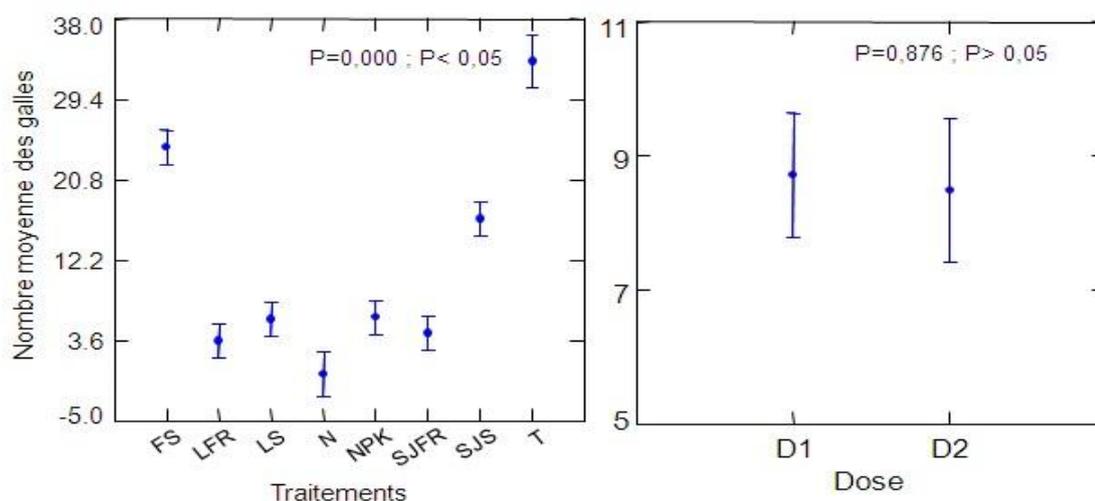


Fig. 30: Effet des différents traitements sur l'infestation des racines

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

Les résultats obtenus (fig. 31) révèlent que le nombre moyen des femelles et des males varie en fonction des traitements testés avec une abondance des femelles par rapport aux males. 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'application du broyat frais des feuilles de sauge à la demi-dose (D2=1 femelle) suivi par lombricompost frais (D1, D2) et sec

à faible dose. Les nombres moyens sont respectivement de (2,33 ; 3) et 3 femelles. En ce qui concerne le fertilisant chimique « NPK » a provoqué un développement faible aussi bien pour les femelles que pour les mâles quelque soit la dose (D1=3.67 ; D2=5 femelles et 0.67 et 0.33 mâles).

Quand au développement des mâles, les biofertilisants l'état sec à base de lombricompost pour les deux doses (D1 et D2 ; 2 et 1,66 males), le fumier (D1 ; 2 males) et la sauge sèche à forte dose (D1 ; 1,66 males) on montré des effectifs assez élevés des mâles.

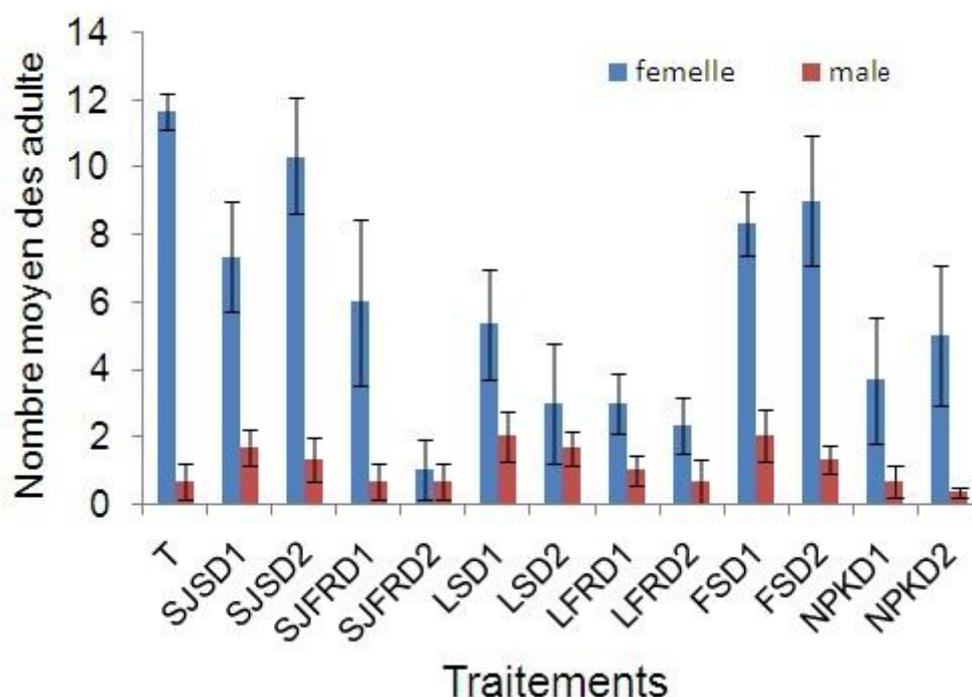


Fig. 31 : Variation de développement des adultes male et femelle en fonction des amendements apportés

SJS: Saug sèche ; **SJFR:** Saug frais ; **LS:** lombricompost sèche ; **LFR:** lombricompost frais ; **FS:** Fumier sèche ; **NPK:** Engrais chimique ; **D1:** dose ; **D2:** demi dose ; **T:** témoin (sans fumigant avec nématodes).

L'analyse des données par le modèle G.L.M. (Tableau 11) montre que les traitements agissent d'une manière significative sur le développement des adultes ($P=0.000$; $p < 0.05$). La formation des stades mâles et des femelles montre une différence très hautement significative ($P=0.000$; $p < 0.05$). Cependant, la dose n'affecte pas la formation des adultes la probabilité est de ($P=0.385$; $p > 0.05$).

Tableau 11 : Modèle G.L.M. appliqué à la variation du développement des adultes

Source	Somme des carrés	DLL	moyen Carré	F-ratio	P
Traitements	187.237	6	31.206	6.583	0.000
Doses	3.125	1	3.125	0.764	0.385
Stade adulte	434.051	1	434.051	91.568	0.000
Erreur	327.074	69	4.740		

Il apparaît sur la figure 32 une diminution discernable du développement des adultes males et femelles avec l'application des différents biofertilisants en comparaison avec le témoin. Toutefois les broyats de lombricompost et des feuilles de sauge à l'état frais semblent efficaces dans la diminution de la formation des femelles de *Meloidogyne* de la 1^{ère} génération. Leur action est supérieure que celle du NPK. En ce qui concerne le développement des stades quelque soit le traitement nous enregistrons une dominance des femelles par rapport aux males.

Cependant, les résultats montrent que la concentration des produits n'a aucun effet sur le développement des adultes.

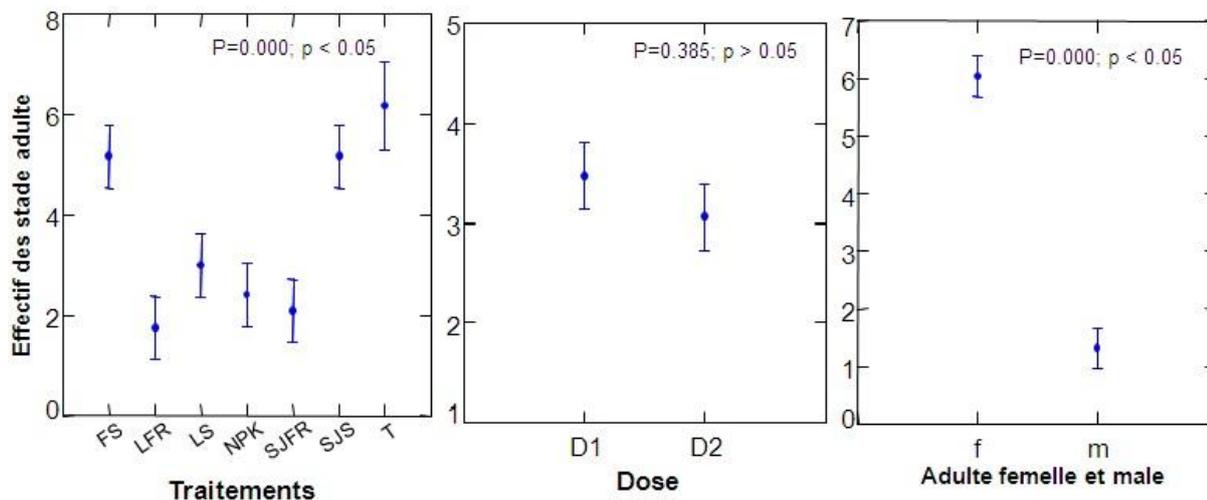


Fig. 32: Effet des traitements sur le développement des adultes male et femelle

II.2.3. Effet sur la fécondité des femelles

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

Les résultats représentés dans la figure 33 résument l'effet des traitements et leurs doses sur la production des masses d'œufs par 01 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 la sauge fraîche et lombricompost sèche à faible dose (0.66, 1 masses). Suivi par lombricompost frais à faible dose (1.67 masses). Dont l'efficacité équivaut celle du NPK à forte dose (1.67 masses).

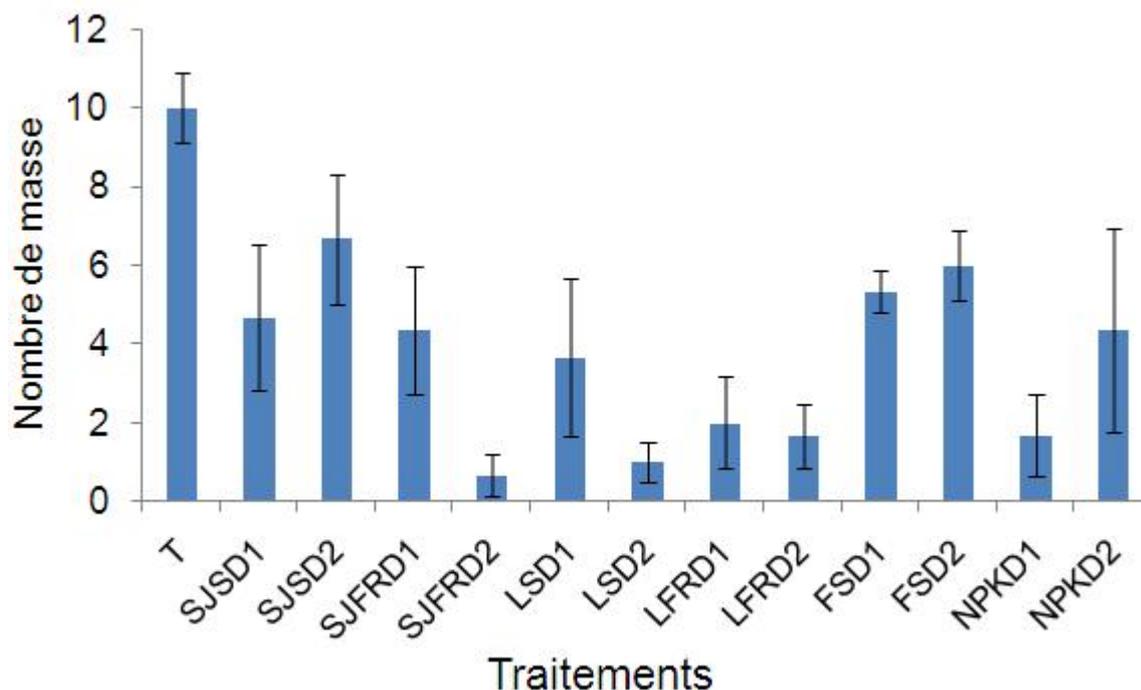


Fig. 33: Variation de nombre de masse d'œufs en fonction des amendements apportés

SJS: Saug sèche ; **SJFR:** Saug frais ; **LS:** lombricompost sèche ; **LFR:** lombricompost frais ; **FS:** Fumier sèche ; **NPK:** Engrais chimique ; **D1:** dose ; **D2:** demi dose ; **T:** témoin (sans fumigant avec nématodes).

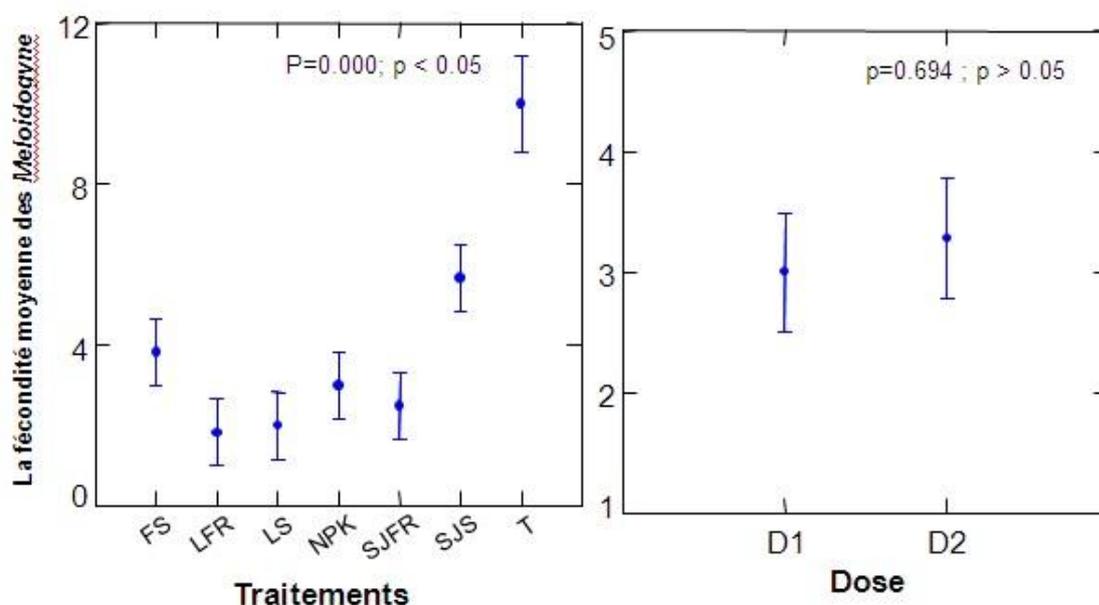
L'application du Modèle Linéaire Général (G.L.M) (tableau 12) sur la production des masses d'œufs par les *Meloidogyne* montre une différence très hautement significative quand à l'action des amendements. La probabilité est de ($P=0.000$; $p < 0.05$). En ce qui concerne l'effet de concentrations la différence est non significative ($p=0.694$; $p > 0.05$).

Tableau 12: Effet des différents traitements sur le nombre de masse d'œufs

Source	somme des carrés	DLL	moyen carré	F-ratio	p-value
Traitements	192.167	6	32.028	7.649	0,000
Doses	0,694	1	0,694	0,158	0,694
Erreur	129.806	31	4.187		

En comparaison avec le témoin la figure 34 confirme l'efficacité de différents traitements dans la réduction de nombre moyen de masse d'œufs pondus par les femelles de *Meloidogyne*. Cependant, une diminution importante de la fécondité est enregistrée les apports des broyats frais et sec du lombricompost et du broyat frais des feuilles de sauge.

Les doses des amendements dévoilent une très faible action sur la fécondité des *Meloidogyne*.

Fig. 34 : Effet des différents traitements sur la fécondité moyenne des *Meloidogyne*

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

La figure 35, 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 biofertilisation à la base de lombricompost sous ces deux formes (frais et sec) et par les feuilles de sauge fraîche à faible dose a provoqué une forte diminution de la fécondité par femelle de *Meloidogyne*. Le nombre moyen des œufs pondus par femelle n'excède pas les 16 œufs. Leur

efficacité est supérieure à celle du NPK à faible dose (55,2 œufs), mais similaire à la forte dose (3.8 œufs).

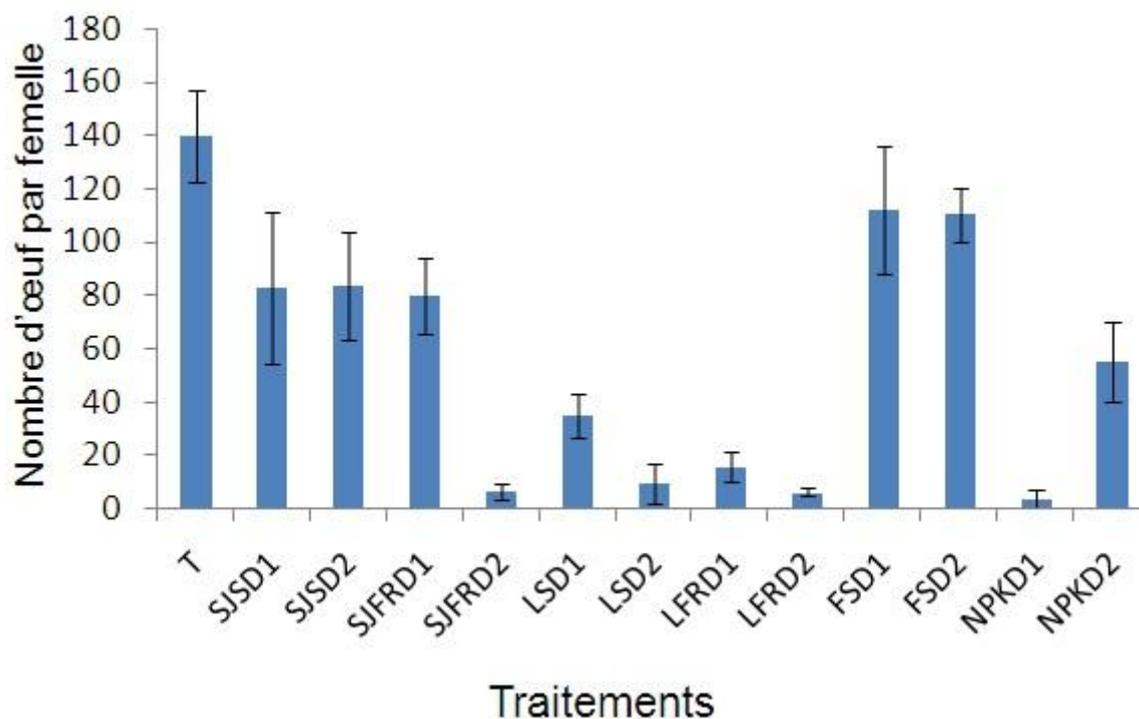


Fig. 35 : Variation de la fécondité des femelles de *Meloidogyne* en fonction des amendements apportés

SJS: Saugé sèche ; **SJFR:** Saugé frais ; **LS:** lombricompost sèche ; **LFR:** lombricompost frais ; **FS:** Fumier sèche ; **NPK:** Engrais chimique ; **D1:** dose ; **D2:** demi dose ; **T:** témoin (sans fumigant avec nématodes).

Pour interpréter nos résultats nous avons appliqué l'analyse de la variance modèle G.L.M. aux résultats obtenus. Le tableau 13 montre que le nombre d'œufs pondus par femelle de *Meloidogyne* varie d'une manière très hautement significative par les traitements testés et non significative avec les doses appliquées ($p=0.355$; $p > 0.05$).

Tableau 13 : 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	67927.897	6	11321.316	12.982	0,000
Doses	802.778	1	802.778	0,884	0,355
Erreur	27034.556	31	872.082		

L'analyse de la figure 36, confirme la variation du nombre d'œufs pondus par femelle de *Meloidogyne* en fonction de type de traitement. Concernant le type de traitement, le lombricompost frais réduit sensiblement la fécondité des femelles de *Meloidogyne* particulièrement la faible dose.

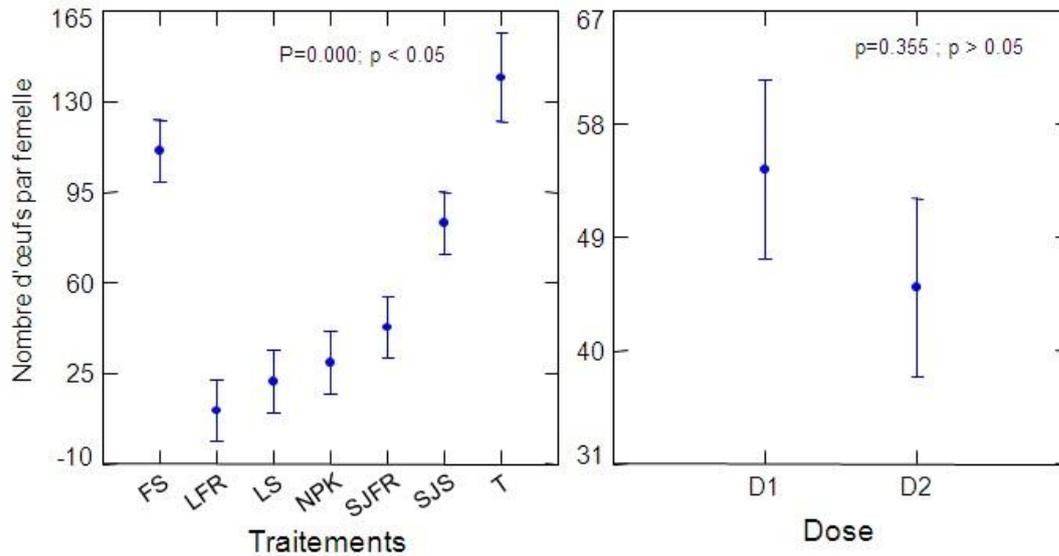


Fig. 36 : Effet des traitements sur la fécondité par femelle de *Meloidogyne*

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 37 montre que quelque soit le traitement la fertilité des œufs augmente avec le temps. Par ailleurs, la forme du biofertilisant (sèche ou fraîche) affecte sensiblement l'éclosion des œufs. Parmi les amendements biologiques testés ceux à base de lombricompost frais ont montré une inhibition maximale de l'éclosion des œufs de *Meloidogyne* (22 œufs éclos). Suivi par le lombricompost sec (70 œufs éclos) la sauge fraîche (86.83 œufs éclos). L'efficacité du lombricompost frais est supérieure à celle du NPK (43,67 larves écloses). Les apports du fumier et de la poudre des feuilles de sauge ont dévoilé une faible fertilité jusqu'au 3^{ème} jour puis l'éclosion des œufs a augmenté rapidement pour atteindre le 7^{ème} jour respectivement des moyennes d'éclosion de 192 et 147.

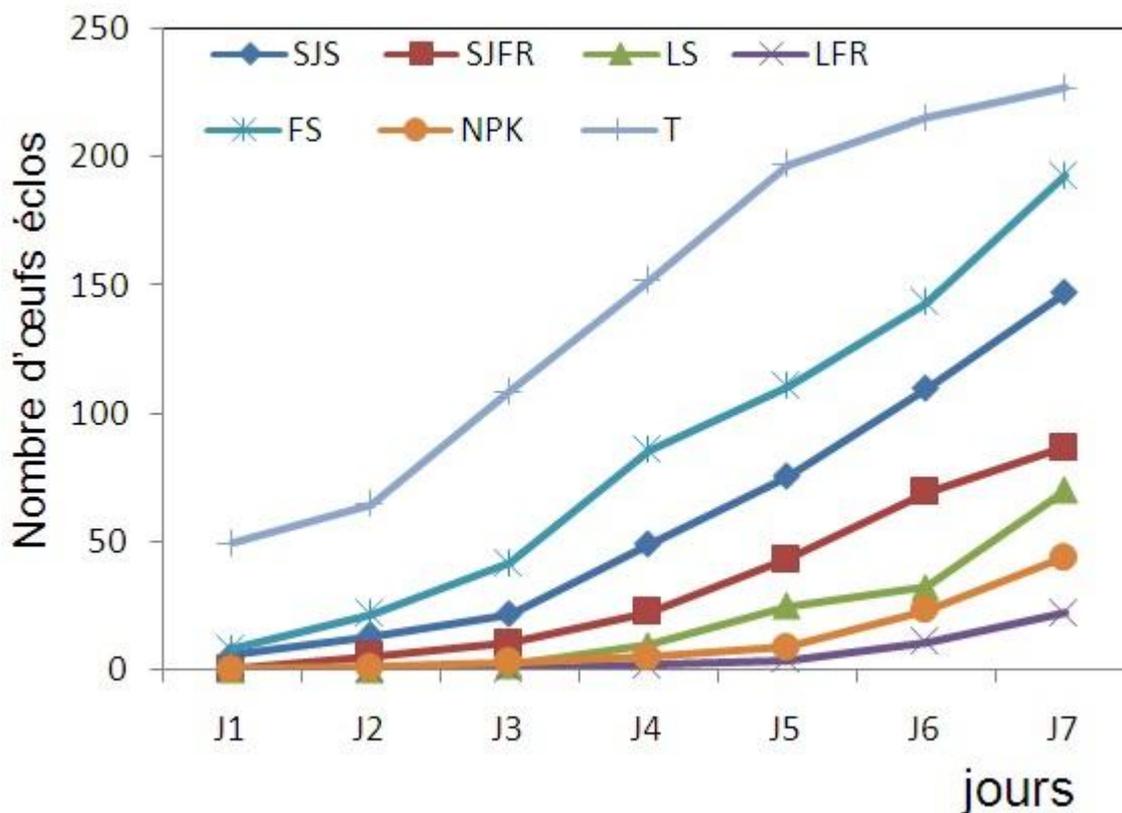


Fig. 37 : Variation de la fertilité des *Meloidogyne* en fonction des amendements apportés

SJS: Sauge sèche ; **SJFR:** Sauge frais ; **LS:** lombricompost sèche ; **LFR:** lombricompost frais ; **FS:** Fumier sèche ; **NPK:** Engrais chimique ; **T:** témoin (sans fumigant avec nématodes).

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 14 révèle une différence très hautement significative selon le type de traitements et le temps ($P=0.000$; $p < 0.05$).

Tableau 14 : Modèle G.L.M. appliqué au nombre d'œuf de *meloïdogyne* éclos

Source	somme des carrés	DLL	moyen carré	F-ratio	p-value
Traitements	315424.354	6	52570.726	53.059	0,000
Temps	187815.973	6	31302.662	31.594	0,000
Erreur	132765.837	134	990.790		

En comparaison avec les témoins, la figure 38 montre que les amendements testés présentent un effet inhibiteur de l'éclosion des œufs de *Meloidogyne* notamment le lombricompost à l'état frais.

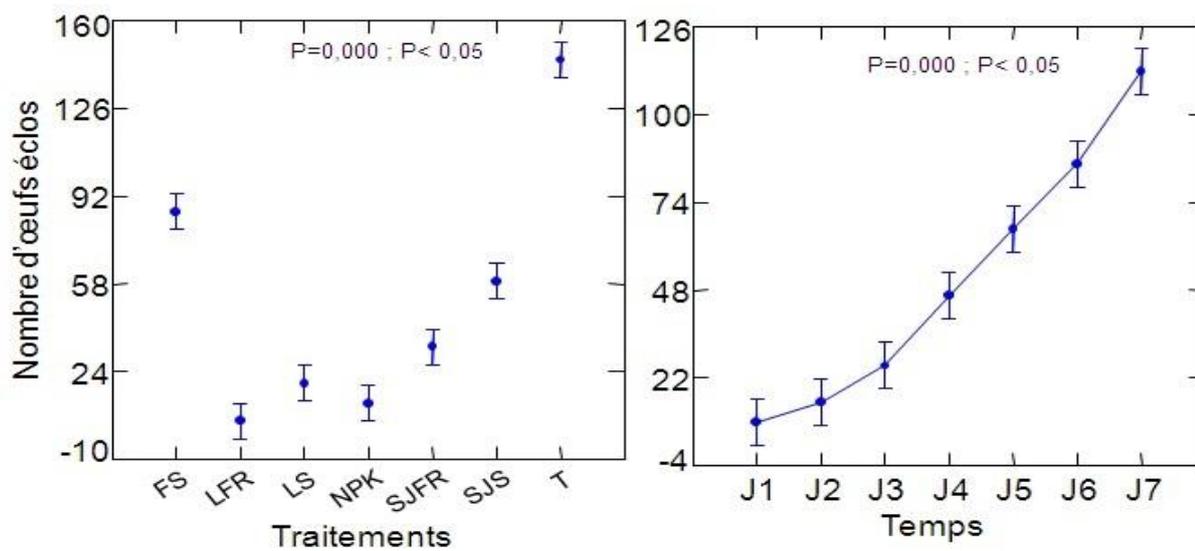


Fig. 38: Effet des amendements sur la fertilité des œufs de *Meloidogyne*

II.3. Discussion générale

Les cultures maraîchères en mode de production intensive sont largement utilisées en Algérie. Le système de rotation est généralement limité dans les systèmes maraîchers. De ce fait, le sol est mis à rude épreuve par l'utilisation unilatérale de certaines parcelles ce qui provoqué un effet négatif sur sa fertilité suite à la diminution du taux d'humus stable. De plus, les agents pathogènes telluriques peuvent se développer de manière plus ou moins importante et peuvent devenir un facteur limitant pour les rendements. Plusieurs techniques peuvent être mises en œuvre pour diminuer ces problèmes.

Pour lutter contre ces nématodes les agriculteurs utilisent principalement des produits chimiques tels que les organophosphorés et les carbamates. Malheureusement ce moyen constituent une menace de pollution pour l'environnement (BERNHARD *et al.*, 1985 ; ROBERT et JOSEPH, 1997). Toutefois, des alternatives doivent être développées et transférées aux producteurs. Actuellement, les recherches menées vont dans le sens pour augmenter les méthodes naturelles contre les nématodes. A titre d'exemple l'incorporation dans le sol de la matière organique permet l'instauration de micro-organismes antagonistes en quantités suffisantes (EDDAOUDI et BOURIJATE, 1997 ; SIDDIQUI et CHAWKAT, 2003) ou l'utilisation de plantes possédant des propriétés nématocides qui ont un effet non seulement sur les nématodes, mais également sur la croissance des plantes parasitées (JANESE *et al.*, 1997 ; DIJAN et PANCHAUD, 1998 ; JOTHI *et al.*, 2004).

L'objectif lié à la présente étude est d'évaluer l'efficacité des amendements organiques testés (les feuilles de sauge, le lombricompost et le fumier de bovin) d'une part dans la régulation des nématodes à galles les *Meloidogyne* et d'autre part dans la stimulation du développement des plants de tomate variété *Marmande*.

II.3.1 Efficacité des traitements de feuille de sauge, lombricompost et le fumier sur l'infestation des plants de tomate par nématodes à galles.

II.3.1.1 Effets des traitements sur le nombre de galles

Les résultats du comptage du nombre des galles ont montré que tous les traitements utilisés en amendement du sol ont réduit significativement ($p=0.000$; p

< 0.05) les infestations de tomate par les *Meloidogyne*. Cependant, le nombre de galles le plus faible est enregistré sur les racines de tomates traitée avec les feuille de sauge fraîche à faible dose D2 (1,33 galles) et avec lombricompost frais à forte dose D1 (1,71 galles). Ces deux traitements ont présenté une forte action dans le contrôle des infestations des plants par les *Meloidogyne*. Les mêmes résultats expriment l'effet de jus du fumier bovin sur le nombre de galles mais avec un degré moins par comparaison aux apports cités précédemment. Le résultat obtenu avec le lombricompost rejoint l'étude de SAFIDDINE (2012) qui affirme que le thé et le jus de lombricompost permettent de réduire le nombre de galles sur les racines des plants de tomate. Par ailleurs, l'efficacité des amendements organiques (compost ou fumier) dans la lutte contre les nématodes parasites des plantes, en particulier les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* a été rapportée par plusieurs auteurs (HAOUGUI *et al.*, 2003 ; ANUJA et SATYAWATIS, 2006 ; KERKENI *et al.*, 2007 ; PAKEERATHAN *et al.*, 2009; ISMAIL et MOHAMED, 2012 ; HAOUGUI *et al.*, 2013). Il s'avère d'après ces résultats que le contrôle des infestations peut être dû à des molécules toxiques à effet nématocide présentes dans le sol. Cette hypothèse est confirmée par GAMLIEL et STAPLETON (1993) qui signalent la production de plusieurs composés volatiles et non volatiles au cours de la décomposition des amendements organiques dans le sol. Comme le dioxyde de carbone, l'éthylène, l'hydrogène, les acides organiques, les alcools, le diméthyle, les sulfures et les aldéhydes. Selon NWANGOUMA et FAWOLE (2004) ; SIDDIQUI (2004) ; KERKENI *et al.* (2007) d'autres composés peuvent également se former lors de ce processus ; les produits phénoliques, l'azote ammoniacal et les ions hydrogènes. Certains de ces composés sont connus pour leur activité nématocides (OKA, 2010).

Concernant l'utilisation du fumier dans le contrôle des nématodes, contrairement à nos résultats (très faible activité), SINGH *et al.* (1986) ont observé que le fumier de vache, diminue les populations de *M. incognita* sur la tomate tout en augmentant la croissance des plants et réduit les attaques de champignons pathogènes. De même les investigations de plusieurs auteurs (SIDDIQUI, 2004 ; PAKEERATHAN *et al.*, 2009 ; ISMAIL et MOHAMED, 2012) ont démontré l'efficacité des fientes de volailles dans la réduction des nématodes par rapport au fumier de bovin qui est moindre. Cette importante activité est due au fait que les fientes de volailles contiennent plus d'azote que celles des autres animaux. D'après

OKA et YERMIYAHU (2002) ; FARAHAT *et al.* (2010) ; KARMANI *et al.* (2011) il existe une corrélation positive entre la teneur en azote de la matière organique et son efficacité sur les nématodes parasites des plantes.

Le traitement chimique de référence « Oxamyl » testé dans notre étude a protégé les plants des infestations par les larves ; aucune galle n'a été observée sur les racines des plants. La dose prescrite semble était 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* à 98%.

II.3.1.2. Effets des traitements sur la masculinisation des *Meloidogyne*

Les résultats obtenus sur ces apports montrent que ces derniers contribuent significativement ($p=0.000$; $p < 0.05$) dans la réduction des larves qui vont se transformer en femelles. L'effectif moyen le plus faible des femelles est obtenu avec l'application du broyat frais des feuilles de sauge (D2) (1 femelle), et lombricompost frais (D2) (2,33 ; 3 femelles). Cependant, les amendements à l'état sec (lombricompost, feuille de sauge et fumier) ont augmenté le nombre de male par rapport au témoin. En se référant 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 bioagresseurs. Les effets des biofertilisants testés autant que biostimulateur des défenses naturelles des plantes sont peu documentés, en revanche divers travaux mentionnent l'efficacité de la biofumigation du sol avec des plantes Brassicaceae principalement le colza (*Brassica napus*) et la moutarde indienne (*Brassica juncea*) dans la suppression des nématodes (MOJTAHEDI *et al.*, 1991 ; MOJTAHEDI *et al.*, 1993 ; WALKER et MOREY, 1999 ; PLOEG et STAPLETON, 2001 ; ZASADA et FERRIS, 2003).

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*.

L'application de quelques produits chimiques avec ou sans effet nématicide a une influence considérable sur le développement et sur la différenciation du sexe de nématodes. Le maleic hydrazide (6-hydroxy-3- (2h) –pyridazinome) est un puissant inhibiteur de la croissance des plantes, a été trouvé pour empêcher le développement des *Meloidogyne* (PEACKOK, 1960, in SAFIDDINE, 2012). Le

pourcentage des mâles de *M. incognita* et *M. javanica* a augmenté considérablement quand le maleic hydrazide a été appliqué sur des plantes infestées par ces nématodes. Ce produit supprime la formation des cellules géantes qui sont essentielles pour le développement des *Meloidogyne* (TRANTAPHYLLOU, 1973).

II.3.1.3 Effets des traitements sur la fécondité

Les résultats obtenus indiquent également une diminution de la fécondité des femelles de *Meloidogyne* après les différents apports. Cette diminution varie en fonction des traitements et des doses utilisés. Les femelles développées sur les plants traités par le lombricompost et les feuille de sauge fraiche à faible dose et NPK D1 ont produit de petites masses avec une faible quantité d'œufs. Divers recherches ont signalés ce résultat avec d'autre amendement, KHIER (2011) avec la poudre d'*A. herba alba* ; BAOUNI (2011) avec la poudre d'*Inula viscosa* et DENNI (2011) avec la poudre de deux espèces de moutarde « *Sinapis arvensis* » et « *Hirschfeldia incana* ».

II.3.1.4 Effets des traitements sur la fertilité

Les résultats obtenus avec les bio-fertilisants, indiquent une diminution de la fertilité des œufs de *Meloidogyne*. Cette réduction varie en fonction des traitements. La faible éclosion et enregistré pour les plants traités avec lombricompost et la sauge fraiche. Il est probable que certains composés libérés dans le sol au cours de la dégradation des apports agissent sur les œufs et inhibent leur éclosion. En effet, SELLAMI *et al.* (2010) rapportent que les phénylpropanoïdes (flavonoïdes et phénols simples) et les monoterpénoïdes comme le thymol, les alcaloïdes (indole et quinone) réduisent la population des larves de *Radopholus similis* (Cobb) Thorne et *M. incognita* et inhibent leurs éclosions. De même, SUBRANANIYAN et SIVAGAMI (SD) enregistrent une diminution de l'éclosion et la mortalité des larves de *Meloidogyne incognita* avec l'utilisation des extraits racinaires et foliaires de *Crotalaria spectabilis*.

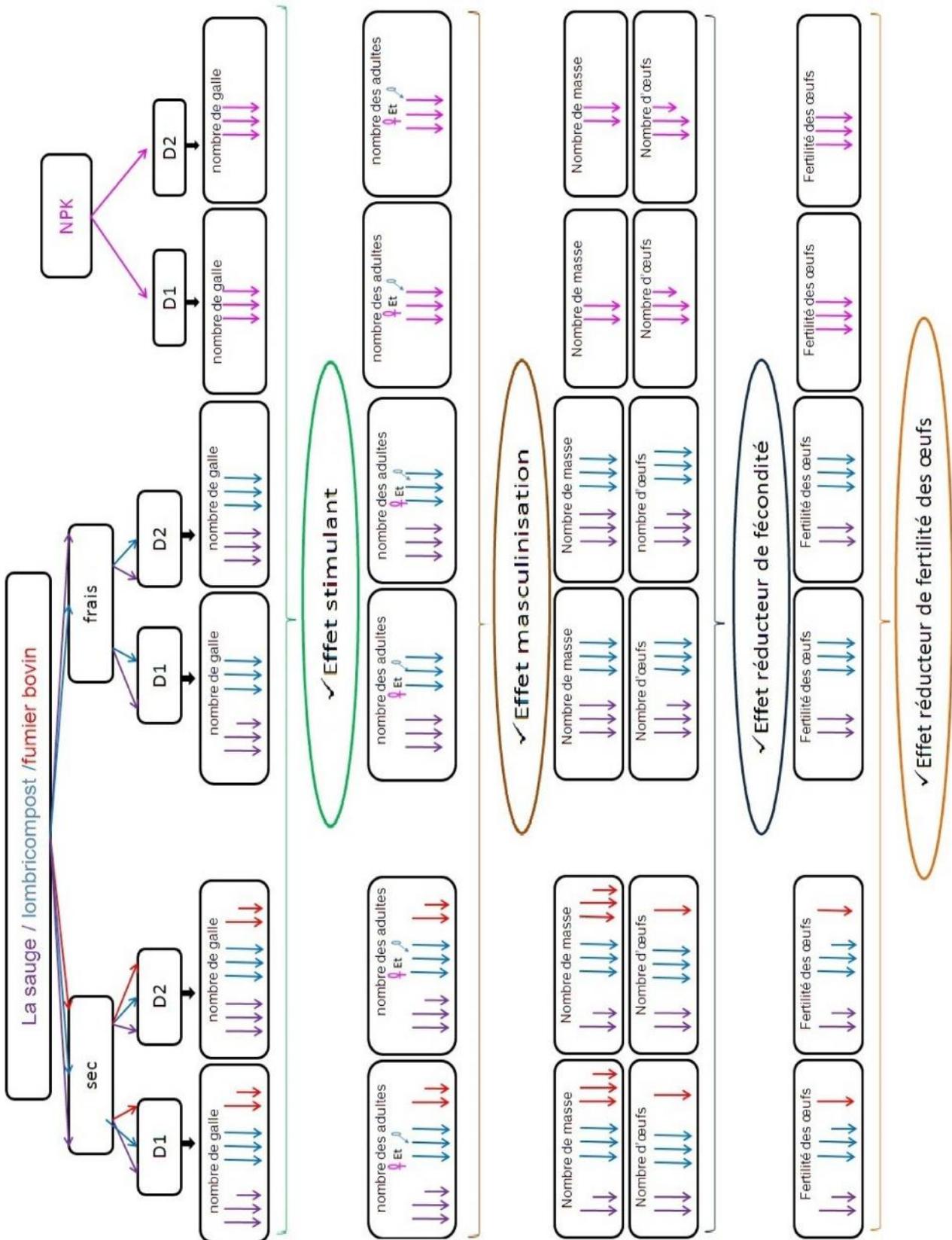


Figure 39 : Schéma expliquant le modèle hypothétique de l'effet des traitements sur l'infestation des plants de tomate par nématodes à galles

2. Impact des traitements des feuilles de sauge (*Salvia officinalis*) et lombricompost et le fumier de bovin sur le développement des plants de tomate.

L'effet des amendements apportés sur les paramètres de croissance considérés a montré l'effet biofertilisant de tous les traitements testés. Les résultats révèlent la présence d'une relation significative entre le type d'amendement utilisé et le développement des plants de tomate « var. *Marmande*» ($P=0.000$, $P<0.05$). La croissance moyenne et croissance journalière et la biomasse fraîche des racines et de la partie aérienne et le nombre de fleur des plants de tomate varie en fonction du type d'amendement mais indépendamment des doses. Ce constat rejoint les résultats de KERKENI *et al.*, (2010) et d'OKA *et al.* (2007). L'incorporation de la matière organique améliore les propriétés physicochimiques du sol ce qui favorisent la croissance et le développement des plantes (ISMAIL *et al.*, 2011). En ce qui concerne le lombricompost ATIYEH *et al.* (2002) soulignent que les déchets organiques vermicompostés ont des effets bénéfiques sur la croissance des végétaux. Les essais d'incorporation du compost dans le substrat de culture de tomate à différents taux ont induit une nette amélioration des paramètres quantitatifs mais surtout qualitatifs des plantes. Ceci est en accord avec les travaux de GAMLIEL et STAPLETON (1993) sur la laitue et d'ABBASI *et al.* (2002) sur la tomate

SAFIDDINE en 2012 signale que le thé et le jus de lombricompost ont un effet stimulateur sur les paramètres morphologiques et physiologique des plants de tomate et qui est dû principalement à la nature des molécules composant chaque produit.

Concernant les effets du compost incorporé au sol sur la croissance des plantes.

Des résultats similaires ont été obtenus par GAMLIEL et STAPLETON (1993) sur la suppression d'un nématode (*Meloidogyne* spp.) par un compost de volaille. Dans les traitements en pulvérisation, les extraits de 2 j apportés à 20% ont fortement amélioré la croissance des plants de tomate, leur poids frais et secs ainsi que le nombre de fleurs et de fruits confondus, comme ils ont assuré une bonne protection des feuilles, alors que les extraits de 4 j utilisés à 10% ont plutôt favorisé la formation des racines et des feuilles.

La croissance des plantes résultent probablement des éléments minéraux ou de molécules produites au cours de la dégradation de la poudre dans le sol. AUBERT (1980) signale que la décomposition des engrais vert dans le sol libère des molécules, comme les auxines et leurs dérivés ou des vitamines qui stimulent la croissance et le développement des plantes. Selon VISVANATHAN *et al.* (2005) seulement 5 à 10% du matériel digéré est absorbé par le corps du lombric. Le reste est excrété sous la forme d'un fin mucus lié des agrégats granulaires, riches en NPK (nitrates, phosphates et potassium), micronutriments et de microorganismes bénéfiques pour le sol.

MAZOLLIER et VEDIE (2008) affirment que les engrais verts constituent une des réponses aux nombreuses préoccupations. Ils jouent un rôle important dans le maintien ou l'augmentation de la fertilité des sols : ils protègent et améliorent la structure, stimulent l'activité biologique et permettent une meilleure disponibilité des éléments fertilisants pour la culture suivante.

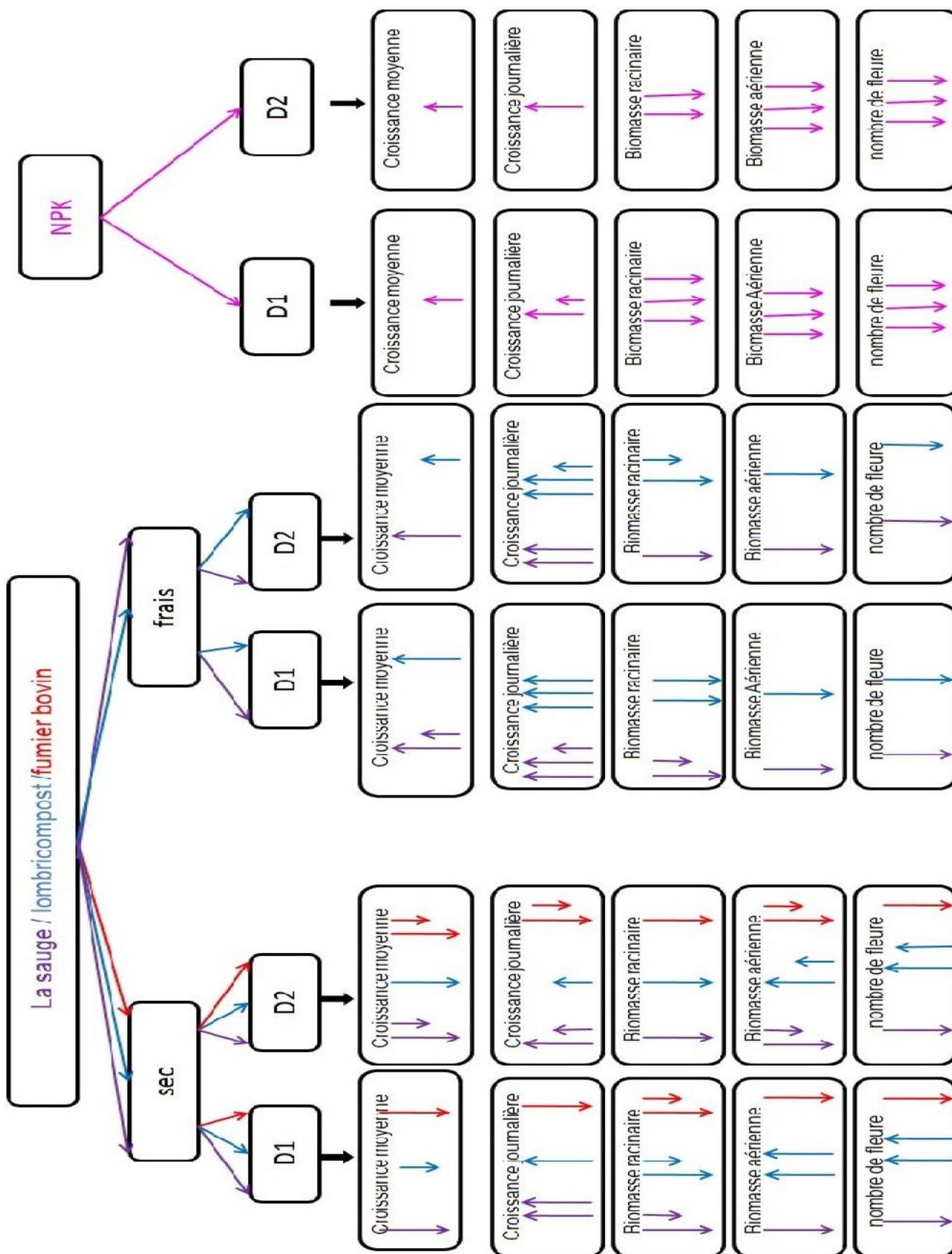


Figure 40 : Schéma expliquant l'effet des différents traitements sur le développement des plants de tomate.

Conclusion générale

Dans un but d'amélioration agronomique, environnementale et économique nous avons testé des moyens biologiques à base d'amendements organiques dans le contrôle des nématodes à galles. Pour cela nous avons employé trois types d'apports sous deux formes fraîche et sèche. Ils sont représentés par les feuilles de sauge « *Salvia officinalis* », le lombricompost et le fumier de bovin.

L'utilisation du broyat sous sa forme fraîche des feuilles de sauge et du lombricompost s'avèrent de bon stimulant de la croissance de la tomate. Alors que pour la production de la biomasse de la partie aérienne et les fleurs de la tomate, c'est les apports en lombricompost sec qui se classe en 1^{ère} position. Les amendements testés ont eu un effet négatif sur le développement de la masse partie racinaire.

Les résultats ont prouvé l'efficacité de tous les biofertilisants dans la régulation des nématodes à galles *Meloidogyne*. Le degré d'efficacité est affecté considérablement par le type et la forme de l'amendement (poudre ou fraîche) que par les concentrations testées.

En général les amendements issus des feuilles de la sauge « *Salvia officinalis* » et du lombricompost ont dévoilé une activité importante dans la régulation des infestations (nombre de galles), la réduction du nombre de femelles et l'augmentation du nombre de mâle. Ils ont eu également un rôle significatif dans le contrôle de la fécondité et de la fertilité des œufs. L'action de ces biofertilisants dans le contrôle des *Meloidogyne* est comparable à celle du fertilisant conventionnel « NPK ».

Alors que l'apport du fumier de bovin a montré une faible activité sur les divers paramètres biologiques des *Meloidogyne*.

Il serait intéressant de poursuivre et d'approfondir cette étude préliminaire sur les populations de *Meloidogyne* in situ afin de confirmer son pouvoir régulateur et sur d'autres nématodes d'intérêt agricole comme le genre *Globodera* sur pomme de terre et le *Tylenchulus semipenetrans* sur agrumes. Il serait également intéressant d'avancer les recherches sur la caractérisation les matières actives présente dans ces biofertilisants afin de les formuler et les utiliser comme produits stable applicables dans le domaine agricoles.

ABBASI P.A., AL-DAHMANI J., SAHIN F., HOITINK H.A.J., MILLER S.A., 2002- Effect of compost amendments on disease severity and yield of tomato in conventional and organic production systems. *Plant Disease*, 86 p.156-161.

ACHIR, 1992- Contribution à l'étude de l'état d'infestation des cultures sous serres par Meloidogyne dans la région de Fouka. Effet de la température sur le développement de Meloidogyne. Thèse Ing., Inst. Agro. Blida, 86 p.

ACHRCHARD D.M.P., 1837- Nouveaux Eléments de Botanique physiologie végétale, Avec le tableau Méthodiques des Familles Naturelles. BRUXELLE, S.T., 220pp.

AGRIOS G.N., 1978- Plant pathology, Acad. Press .I.N.C, London, San-Francisco, New York, 853 p.

AGRIOS G.N., 2005-*Plant pathology. Fifth edition.*Ed. Elsevier Academic Press.922pp.

AGU C.M., 2008- Effects of organic manure types on nematode disease and African Yam Bean yield. *Agric. Journal*, 3, pp.14-16.

AKHTAR M. and Alam M. M., 1991- *Integrated control of plant-parasitic nematodes on potato with organic amendments*, nematicide and mixed cropping with mustard. *Nematologia Mediterranea*. 19 : 169-171.enrichissent celle-ci en matière organique, en azote total et en phosphore.

AKHTAR M. et MAHMOOD I., 1996-le contrôle des nématodes phytoparasites des amendements organiques et minéraux dans les sols agricoles, *Appl. Sols Ecol.* 4 pp.

ALLILI A., 1985- *Résultats préliminaires d'une enquête nématologique sur cultures maraîchères dans la région de Rouiba*. Thèse. Ing.Inst.nat.El Hrrach, 38P.

AMOUZOU T. C., 2003-Gestion intégrée de la fertilité des sols sur les parcelles maraîchères de Thasommo Village, Loas, FUSAGx, Gembloux, 76 p.

AMOUZOUVI K. A. A., 2003-Fertilisation humique, Notes de cours, ESA-UL, Lomé, 10 p.

ANONYME, 1997-Guide régional sur la composition des fumiers et lisiers sur les fermes de la montagne-Est, Bureau des renseignements agricole de Saint-Hyacinthe

ANONYME, 2003-Guide de référence en fertilisation. 1ère édition. 294 p.

ANONYME, SD- Les fumier. Au Jardin info.

ANUJA B., and SATYAWATI S., 2006- Biocontrol of *Meloidogyne incognita* in *Lycopersicon esculentum* with AM fungi and oil cakes. *Plant Pathology Journal*, 5, pp. 166-172.

APPERT et DEUSE., 1982- Les ravageurs des cultures maraîchères sous les tropiques. Ed. Gp., Maison Neuve, Paris, 420 P.

ATIYEH R.M, SUBLER S., EDWARDS C.A., BACHMAN G., METZGER J.D.et SHUSTER W., 2002- Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil», *Pedo biologia*, no 44, p. 579-590. *Biocycle*. 2001 - Vermicompost as Insect Repellent, p. 19.

AUBERTC., 1980- Les engrais verts, un moyen naturel pour et économique pour améliorer la fertilité des sols. Documents technique. A.C.A.B, Vendegies-sur-écaillon, France.

B'CHIR M .M., 1981-les principaux facteurs qui déterminent le développement des *Meloidogyne* sous abris plastique (serres) en Tunisie. 6^{ème} Jour .*phitiatrie et de larrousse*, Paris, 240p.

B'CHIR M. M., 1996-Integrated management strategie of *Meloidogyne* (P.K.N.)on protected crops under mediteranean condition (particuler reference to biological control). Short cours of nematodes on protected, Tunisia, 42p.

BADRA L.M.A.S. et OTEIFA B.A., 1979- Nematicidal activity and composition of some organique fertilisers. *Nématol.*, 9 : 285-314.

BAOUNI A., 2011-Etude de l'efficacité de la plante medicinal «*Inula viscosa*» dans le controle des nematodes à galles *Meloidogyne* spp. (Nematoda – Meloidogynidae). Projet de fin d'étude, d'ingénieur d'état en agronomie, Zoophytiatrie, Dep.Agr., Univ.Saad Dahlab, Blida, 51 p.

BARROSO G., FIGUEIRDO., KAMATOU G.P.P., PEDRO., VANVUUREN., BAYER A. G.,1982-Les nematodes phytophages et leur lute. Assistance technique de développement. Division phytosanitaire, Journées d'informations, 69p.

BAYLEY K.L. et LAZAROVITS G., 2003-Suppressing soil- borne diseases with residus management and organic amendements. *Soil Till.res.* 72 :169-180.

BENAYAD N., 2008- Les huiles essentielles extraites des Plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Laboratoire des Substances Naturelles et Thermolyse Eclair Département de Chimie Faculté des Sciences de Rabat, Maroc , 61p.

BERNHARD R., BAUQUET A. et SCOTTO L.C., 1985- Diversité des problèmes nématologiques en vergers et vignobles, solutions chimique et génétique. *C.R.*

BERTRAND C. ; LIZOT J. et MAZOLLIER C., 2001- Lutter contre les nématodes à galles en Agriculture biologique, Rev. : GRAB AVINON, France, pp. 25-29.

BLANCARD D., 1988- Maladies de la tomate. Obser. Ident. Lutt. Rev. Horticole. I.N.R.A., Paris, 212p.

BONNE MAISON L., 1961- *les ennemis animaux et variétés des plants Cultivées et de forêts.* Ed .Sep.,Vol I ,605p.

BRUNO M., CARDILE V., DELFINE S., FORMISANO C., RIGANO D., ROSSELLI CAUBEL G. et CHAUBET B., 1985- Eclosion et multiplication d'heterodera schartii semidt en colza ou de radis fourragers. Agro, 5(5), pp: 463-466.

CAYROL J.C., 1991- Assolements avec des plantes nématicides. La lutte contre les Nématodes. Protect.Echo,des M.I.N.,3p.

CAYROL J.C., 1991- Propriétés nématicides de endomycorhizes à vésicules et arbuscules. *PHM, Rev. Hort.*, 321, 33-42.

CHAMPIGTON R., 1981-Une méthode de lutte contre ses nématodes a galles des racines appartenant au genre *Meloidogyne*. Def,des vege.,n°207,pp :85-86.

CHANNER A.G., DAUDI A.T., GOWEN S.R., 1990 - The potential of *Pasteuria penetrans* for the control of *Meloidogyne javanica*: theory and practice. Nematologica 36, pp 339–340

COCHE A.G., MUIR J.F., LAUGHLIN T., 1997- Méthodes simples pour l'aquaculture pisciculture continentale. La gestion les étanges et leur eau. FAO. 50pp.

COLLAERT J., 2009– Lombricompost pour tous, editeur : terran, 128 page, France.

COUDERCHET M., LE FLOCH G., REY P. et TIRILLY Y., 2003-Effet du flumioxazine sur l'attaque de feuilles de tomate par *Botrytis cinerea*. In AFPP, éd. : *7ème Conférence internationale sur les maladies des plantes.*

COVENTRY E., NOBLE R., MEAD A., MARIN F. R., PEREZ J. A., and WHIPPS J. M. 2006- *Allium* white rot suppression with composts and *Trichoderma viride* in relation to sclerotia viability. *Phytopathology* 96: 1009-1020.

DAOUDI M., 2002-Contribution à la recherche des méthodes alternatives au bromure de méthyle contre les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) associés à la culture de la tomate. Mémoire de 3^{ème} cycle, IAV Hassan II, Agadir.

De GUIRAN G. et VILLEMIN M.A., 1980- Spécificité de la diapause embryonnaire des œufs de *Meloidogyne* (*Nematoda*). Revu de nematologie. 3(1),pp :115-121.

DE GUIRAN G et NETCHER C., 1970- les nématodes du genre *Meloidogyne* parasites de cultures tropicales. Chah. O.R.S.T.O.M., Ser. Bio., n°11, pp. 151-185.

De GUIRAN G. 1971 – Le problème *Melo dogyne* et autres nématodes sur cultures vivrières. Tabac, caféier, Riz. In "les nématodes des cultures". Ed .A.C.T.A. Paris, PP. 447 – 475.

De GUIRAN G., 1971 – Le problème *Melo dogyne* et autres nématodes sur cultures vivrières. Tabac, caféier, Riz. In "les nématodes des cultures". Ed .A.C.T.A. Paris, PP. 447 – 475.

DE GUIRAN G., 1983- Les nématodes parasites des cultures en pays tempérés. Ed. Littorale S.A., Beziers, France, 41p.

DELMASSO A., CARDIN M.C., POHARD et DAUNAD M.C., 1985- Pouvoir pathogène des nématodes *Meloidogyne* et génétique de la résistance chez quelque solanacées maraîchères. Cr.Acad.Agric.France, n°7, pp: 771-775.

DI VITO M., 1986- Effet of temperatures and fig root leachate on heatch of *Heterodera* .Fici. Nematol.médit, 14, pp: 231-234.

DIA M., 1995- Mise au point de différents composts avec des déchets de crevettes et utilisation contre les *Meloidogyne* en culture légumière (Tomate).

DIJAN C. et PANCHAUD M.E., 1998- Lutte biologique contre les nématodes phytoparasites. *PHM-revue horticole*, 397, 25-28.

DIRK D.W. et ROMULO G.D., 1998- nématodes à galle des bananiers et plantains. Parasites et ravageurs des *Musa* : *fiche technique* n° 3. Réseau international pour l'amélioration de la banane et de la banane plantain, Parc Scientifique Agropolis II, 34397 Montpellier Cedex 5, France.4p.

DJERROUMI A., et NACEF M., 2004-100 plantes médicinales d'Algérie. Ed *Palais du livre*.P 135 -131.

DJIAN-CAPORALINO C., VEDIE H., ARRUFAT A., 2009- Phytoma. Gestion des nématodes a galles : lutte conventionnelle et luttés alternatives. L'atout des plantes pièges. INRA UMR interactions Biotiques et Santé Végétale (IBSV) INRA/UNSA/CNRS 400,Route des Chappes, les Templiers,BP 167 ,F-06903 Sophia Antipolis Cedex.18p .

DJIAN-CAPORALINO C., BOURDY G. et CAYROL J.C., 2008-Plantes nématicides et plantes résistantes aux nématodes, p. 125-185. Dans: Biopesticides d'origine végétale : potentialités phytosanitaires. C. Regnault-Roger et al, Editions Tec & doc, Lavoisier, Paris, 546 pp.

DUKE S.O., 1999- Natural pesticides frome plants. In: Janick, J., Simon, J.E. (Eds.), *Advances in New Crops*. Timber Press, Portland, OR, pp: 511-517.

DUVAL J., 1991 - Les nématodes de la tomate. *Rev. Agro. Biol.*,Vol.1, n° 320,7 p.

EDDAOUDI M. and BOURIJATE M., 1997- Comparative assesment of *Pasteuria penetrans* and three nematicides for the control of *Meloidogyne javanica* and their effect on yields of successive crops of tomato and melon. *Fundam. Appl. Nematol.*, 21, 113-118.

EDER R., ROTH I., TERRETTAZ C. et KIEWNICK S., 2010- Les nématodes de quarantaine dans les cultures maraîchères suisses. *Recherche Agronomique Suisse* 1 (9): 340–345.

EISANBACK J.D. et TRIANTAPHYLLOU A.C., 1990- Isozymes phenotype for the identification of *Meloidogyne* species. *Jour. Of Nematol.*, PP : 10-15.

EKANAYAKE H.M.R.K., et DI VITO M., 1984- Effect of population densites of *M.incognita* on growth of succetpible and resistant Tomato plant. *Nematol. Medit.*, 12p.

FADILI J., 2003-Quelques *méthodes de lutte biologique contre les nématodes associés à la culture de la tomate et du bananier*. Mémoire de fin d'étude, Phytatrie, 3ème cycle, IAV Hassan II-Complexe Horticole d'Agadir. Pp : 47-50.

FARAHAT A.A., AL-SAYED A.A., MAHFOUD N.A., 2010-Compost and other organic and inorganic fertilizers in the scope of the root-knot nematode reproduction and control of *Meloidogyne incognita* infecting to tomato. *Egypt. J. Agronematol.*, 9: 18-29.

FOY F., 1843- *Traité de matière médicale et de thérapeutique appliqués à chaque maladie en particulier*. Paris, Ed. G.B.L., 9-10 pp.

GAMAL ABDALLA ELBADRI, DONG WOON LEE, JUNG CHAN PARK,HWANG BIN YU,HO YUL CHOO., 2008- Evaluation of various plant extracts for theirnematicidal efficacies against juveniles of *Meloidogyne incognita* . *Jouranl of Asia-Pacific Entomology*. Journal homepage : www.elsevier.com/locate/jape ; 11:99-102.

GAMLIEL A., STAPLETON J.J., 1993- Effect of chicken compost or ammonium phosphate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganisms, and lettuce growth. *Plant Disease*, 77 p. 886-891.

GAZEAU G., 2012- Le lombricompost, *Chambre Régionale d'Agriculture Languedoc-Roussillon, 2012 : Les produits organiques utilisables en Agriculture Biologique en Languedoc-Roussillon*.

GOSWAMI B.K. et VIJAYALAKSHMI K., 1986- Nematicidal properties of some indigenous plant materials against root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita* on tomato. *Indian journal of nematology*, 16(1):65-68.

HAGUE N.G.M., 1979- A technique to assess the efficacy of non volatil nematicides against the potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis*. *Ann. Appl.* 93 : 205-211.

HAMMACHE M., 2010- influence de quelques types de sols algériens sur le développement des nématodes a galles ; *Meloidogyne incognita*, *m. javanica* et *m. arenaria* (tylenchida, meloidogynidae). *Lebanese Science Journal*, 11 (2), pp. 47-61.

Hans W.K., 2007- 1000 plantes aromatiques et médicinales. *Terre édition*.

HAOUGUI A., SARR E. et ALZOUMA L., 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 : pp.25-29.

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.

HAOUGUI Adamou , SD ; Les Pratiques Culturelles Et Leurs Effets Sur Les Ennemis Des Cultures. *INRAN Niamey*, 10p.

HASSAN H. S. A., SARRWY S. M. A., MOSTAFA E. A. M., 2010 - Effect of foliar spraying with liquid organic fertilizer, some micronutrients, and gibberellins on leaf mineral content, fruit set, yield, and fruit quality of "Hollywood" plum trees. *AGRICULTURE AND BIOLOGY JOURNAL OF NORTH AMERICA*. ISSN Print: 2151-7517, ISSN Online: 2151-7525. Dokki, Giza, Egypt.

HOSSAIN M. S. ; ZAHID M. I. and MIAN I. H., 1992- *Effect of decomposition period on the efficacy of two oil cakes for control of root-knot nematode (Meloidogyne incognita)*. *Japanese Journal of Nematology*. 22 : 1-10.

HUANG J. S., 1985-Mechanisms of resistance to root-knot nematodes. *In* : Barker, K. R., Carter, C. C. and Sasser, J. N. (Eds.). *An advanced treatise on Meloidogyne*. Vol. I .*Biology and Control*. IMP, North Carolina State University Graphics, USA: 165-174.

HUBER GERALD et SCHAUB CHRISTINE, 2011- La fertilité des sols : L'importance de la matière organique. Service Environnement-Innovation. 2 P

IGHILLI H., 1986- *Inventaire des nématodes phytophages sur cultures maraîchères et sur palmier dattier dans la région de Quargla*.Thèse Irg. Agro. LN.A. El Harrach ,52p.

ISMAIL A.E. and MOHAMED M.M., 2012- Nematicidal potentiality of some animal manure combined with urea against *Meloidogyne arenria* 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- Roo-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.

JANESE L., BELCHER L. and HUSSAY R.S., 1997- Influence of *Tagetes patula* and *Arachis hypogea* on *Meloidogyne incognita*. *Plant Disease Report*, 61, 17-20.

JOTHI G., BABUS S.R., RAMAKRISHNAN S. and RJEANDRAN G., 2004- Management of root lesion nematode, *Paratylenchus Delattre* in crossandra using oil cakes. *Bioresource Technology*, 93, 257-259.

KARMANI B.M., JISKANI M.M., KHASKHENI M.I., WAGAN K.H., 2011- Influence of organic amendment on population and reproduction of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in eggplants. *Pak. J. Agri. Agril. Engg., Vet. Sci.*, 27 (2) : 150-159.

KERKENI A., HERRIGUE-RAOUANI N., et KHEDHER M.B., 2007- Effet suppressif de cinq extraits de compost vis-à-vis du nématode à galles *Meloidogyne incognita*. *Nematol. Medit.*, 35 : pp.15-21.

KERKENI A., HERRIGUE-RAOUANI N., ETKHEDHER M.B., 2007- Effet suppressif de cinq extraits de compost vis-à-vis du nématode à galles *Meloidogyne incognita*. *Nematol. Medit.*, 35, pp. 15-21.

KHAN A., WILLIAMS K. et NEVALAINEN H., 2003- Testing the nematophagous biological control strain paecilotoxin production, *F.E.M.S. Microbiol. Cett.* 277, pp :107-111.

KHAN A.M. ; ALAM M.M. et AHMAD R., 1974- Mechanism of the control of plant parasitic nematodes as a result of the application of oil-cakes to the soil.

KHEIR N., 2011- *Evaluation de la toxicité de deux espèces d'Armoise « Artemisia herba alba » « Artemisia judaica » sur les Meloidogyne spp. (Nematoda-Meloidogynidae) in Vivo et in Vitro.* Projet de fin d'étude, d'ingénieur d'état en agronomie, Protection des végétaux, Dep.Agr., Univ.Saad Dahlab, Blida, 59 p.

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.

KOUACHE A., 1991- *Contribution à l'étude de l'état d'infestation des cultures maraichères sous serres par les Meloidogyne (Nematoda, Meloidogynidae) dans la région de Bou-Ismaïl. Essai de comportement varietal.* Thèse. Ing. .Agro., INES. Blida, 73p.

LAGHDAF T., 2004- *Effet des amendements organiques et quelques produits chimiques et biosynthétiques sur les nématodes à galles de la tomate dans le Sous-Massa.* Mémoire de fin d'étude, Phytiairie, 3^{ème} cycle, IAV Hassan II. Complexe Horticole d'Agadir. Pp : 69-79.

LEE S.C.,AHN Y.J.,PARK J.D., KIM .J.C., CHO K.Y., LEE H.N., 2001- Fungicidal activity of 46 plant extracts against rice sheath blight, tomato late blight, cucumber gray mold, barely powdery mildew and wheat leaf rust. *Korean J. Pesticide Sci.*5, 18-25.

LEELA N.K., KHAN R.M., REDDY P.P. et NIDIRY E.S.J., 1992- Nematicidal activity of essential oil of *Pelargonium graveolens* against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Mediterranea*, 20: 57-58.

LIZZI Y., COULOMB C., POLIAN C, COULOMB J P et COULOMB P O., 1998 - La Défense des Végétaux, N°508, PHYTOMA, p : 29-30.

LONGARAY D. A. P., IVETE T. MOSCHEN-PISTORELLO, LIANE ARTICO, LUCIANA ATTI-SERAFINI, SERGIO ECHEVERRIGARAY, 2007- Antibacterial activity of the essential oils of *Salvia officinalis* L. and *Salvia triloba* L. cultivated in South Brazil. *Food Chemistry* 100 : 603–608

LOUNICI M., 1991 - Contribution à l'étude des relations *Meloidogyne* - plant-hôte. Thèse.Ing. Agro.Inst.Nat.Agro. El-Harrach, 39 P.

LUNG G., FRIED A. et SCHMIDT U., 1997 - Biological control of nematodes with the enemy plant *Tagetes sp.**Rev. Nematol.*, Vol.66, n° 3, p. 200.

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.

MAKSIMOVIC M., DANIJELA V., MLADEN M., MARIJA E.S., SABAHETA A., et Sonja S.Y., 2007. Effet of the environmental condition on essential oil profile in two dinaric *Salvia* species : *Salvia brachydon vandas* and *Salvia officinalis* L. *Biochemical Systematics and Ecology*. 35 : 473-478.

MANKAU R., 1962- The effect of some result of application of oil-cakes to the soil organic additive upon a soil nematode. *Indian J. nematol.*, 4 :93-96. Population and associated naturel ennemis. *Nematologica*. 7 :65-73.

MARTIN L.M., 2002-Etude des possibilités d'amélioration de la gestion de la fertilité chez les agriculteurs encadrés par le projet Alianza Agricola Ancash (Province d'Ancash, Pérou), TFE, FUSAGx, Gembloux, 77p.

MAZOLLIER C., VEDIE H., 2008- les engrais verts en maraichage biologique, France, Juillet 2008.

MEDJAHED S., 2010- Evaluation de l'activité nématocide de quelques extraits de plantes contre *Meloidogyne incognita* (White et Kofoid, 1919) Chitwood 1949 (*Nematoda* : *Meloidogynidae*). Thèse mag., Inst. Nat. Agro., El Harrach, Alger, 126 p.

MEHTA Devansh, 2012-*Salvia officinalis* Linn.: Relevance to modern research drive. Invent Impact: Planta Activa, 4: 203-207.

MESSIAEN C.M., BLANCARD D., ROUXEL F. et LAFOND R., 1991-les maladies des plantes maraichères. 3ème édition. INRA 552p.

MOKABLI A., 1988- Principaux facteurs qui déterminent l'importance et l'agressivité des *Meloidogyne* sous abris serres en Algérie .Thèse Magister. Inst .Nat. Agro., El-Harrach, 69 P.

NADJ A., 1988- Inventaire de la nématofaune sur culture maraichères et contribution à l'étude de quelques aspects biologique des *Meloidogynes* .Thèse.Ing.Agro.I.N.A.EL Harrach, 52p.

NAHAR M. S., GREWAL P. S., MILLER S. A., STINNER D., STINNER B. R., KLEINHENZ M. D., WSZELAKI A., and 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.

NATARAJAN N., CORK A., BOOMATHI N., PANDI R., VELAVAN S. and DHAKSHNAMOORTHY G., 2006 - Cold aqueous extracts of African marigold, *Tagetes erecta* for control tomato root knot nematode, *Meloidogyne incognita*. Crop Protection, 25, pp 1210–1213

NDEGWA P.M., THOMPSON S.A., 2001–Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids, *Biores. Technol.* 76, pp.107–112.

NEBIH HADJ-SADOK., 2000- Etude de la biologie des *Meloidogyne spp.* (*Nematoda- Meloidogynidae*)dans quelques régions du littoral algérien . Thèse Thèse Magister.Inst.Nat . Agro., El-Harrach, 176p.

NEBIH HADJ-SADOK D., AOUNI., 2006- Effet des proteines (Cytoplasmique et pariétale) des tagets minuta sur les larves infestants(L2) de *Meloidogyne* . Dans les conditions de laboratoire 6iem j.

NETSCHER G., 1965- les nématodes du genre *Meloidogyne* parasite des cultures maraichères en Afrique Occidentale. Lab. De Némato. De PO.R.S.T.O.M., Abidjan, Cgfe-d'Ivoire.

NETSCHER C. et SIKORA A., 1990- Nematodes parasite of vegetable in 'ptant parasitis nematodes in tropical and subtropical agriculture, LUC M, SIKORA A et BRIDGE M. Cab international 283p.

NOBLE R., and 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. Horticult. Science*, 9: 89-95.

OKA Y., 2010 - Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments A review, *Applied Soil Ecology*, Vol.44, Issue 2, Nematology ,Unit, Gilat Research Center, M.P. Negev 85280, Israel, pp 101-115.

OKA Y., S. NECAR, E. PUTIEVSKY, U. RAVID, Z. YANIV and SPIEGEL Y., 2000 - Nematicidal activity of essential oils and their components against the rootknot nematode. *Phytopathology* 90, pp 710–715.

OKA Y., TKACHI N., SHUKER S., YERUMIYAHU U., 2007- Enhanced nematicidal activity of organic and inorganic ammonia-releasing amendments using neem extracts. *Journal of Nematology* 39 : 9-16.

ORION G., 1995-Structure and fonction of the root-knot (*Meloidogynespp*) gelatineuse matrix. *Rev.Nematologica*, n°17,pp:25-28.

PAKEERATAN P., MIKUNTHAN G., THARSHANI N., 2009- Effect of different animal maure on *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) on tomato. *World J. Agric. Sci.*, 5(4), pp. 432-435.

PARK I.K, PARK J.Y, KIM K.H, CHOI K.S, CHOI I.H, KIM C.S. et SHIN S.C., 2005- Nematicidal activity of plant essential oils and components from garlic (*Allium sativum*) and (*Cinnamomum verum*) oils against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*), *Nematology* 7 pp.767–774. Full Text via Cross Ref View Record in Scopus Cited By in Scopus (21).

PHILIS I., 1984- the development of *M.Javanica* on tomato in cryprus nématologica, 30, pp. 470-474.

PINKERTON J .N., SANTO G.S. et MOJTAHEDI H.,1991- population dynamics of *Meloidogyne chitwood* on Russet Burbant potatoes in relation to degree-day accumulation. *Journal of Nematology* n°23,pp:285-290.

PLOEG A. T. and STAPLETON J. 2001- Glasshouse studies on the effects of time, temperature and amendment of soil with broccoli plant residues on the infestation of melon plants by *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. *Nematology* 3 (8) : 855 - 861.

PLOEG A.T., 2000 - Effects of amending soil with *Tagetes patula* cv. Single Gold on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato, *Nematology* 2, pp. 489–493.

RAYNAL G., GONDERAN., 1989- Ennemis et maladies des prairies. Ed.INRA, Paris, 241p.

REDDY P.P, 1983- Plant nematology Agri. Publ. Acad. New Delhi, 287 p.

REGNAULT-ROGER C. PHILOGENE B.J.R., FABRES G., 2005- Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Lavoisier Tec and Doc, Paris. P : 1013.

RITTER M., 1971-Les nématodes et l'agriculture in *Nématodes des cultures*. Ed. A.C.T.A., Paris, PP : 9-25.

RITTER M., 1973 - Cycle et développement des *Meloidogyne*. OEPP/ITPO Bull. 9. PP. 53 – 59

ROBERT A.D. and JOSEPH W.N., 1997- Characteristics of principal nematodes. *BODY_NG009*.

ROUAG N., 1988-*Contribution à une étude Comparative de l'état d'infestation des cultures sous –abris serres et en plein champs par les Meloidogyne (Nematoda, Meloidogynidae) dans la région de Zeralda.*Thèse Ing :Agro.,I.N.A. EL-Harrach,73 P.

RUSSO A., SENATORE F., 2013-Chemical composition and anticancer activity of Parasites de tomate ; tropicultura, pp 6-10

SAFIDDINE F., 2012- *effet des biofertilisants sur l'évolution des métabolites secondaires des plantes de tomate et le développement des nématodes à galles dans des conditions contrôlées.* Thèse master, blida, P 110.

SALLAMI et MOUFARAH, 1994- Effet des extraits aqueux de quelques plantes sur la mortalité et l'éclosion des larves de *Meloidogyne*. *Incognita, Mededelingen Facultat landbouwkundige. En Toegepaste Biologische wetenschappen. Universiteit Gent* 59, pp : 813-816.

SARDANELLI K., SIGRST C.B., GRANDIEN K., JUNGBLUT B., EIZINGER A.,1999 –*Nématologie*, CENTRE AGRHYMET,Niger,54 p

SATTI A.A., BASHIR N.H.H., ELKHIDER E., NASER O.E., 2003- Effect of neem seeds kernels and « handal » extracts on muskmelon pests complex. *Univ. Of Khartoum J.Agr.Sci.*11, 40-58.

SATTI A.A., NASER O.E., 2006- Effect of neem (*Azadiracta indica* A.Juss) seed powder aqueous extracts on the control of some major foliage insect pests of eggplant. *Albuhuth* 10,1-16.

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 *Verticillium chlamydosporium* goddard cultured on different substrates. *Nemato. Abst.*, Vol.70, n° 2, pp. 70.

SCOTTO LAMASSESE C., 1986 - Influence des caractéristiques bioécologiques des milieux sur la distribution des nématodes telluriques. Bull. Rech. Agr. Gembloux, n°2, PP. 255 - 272.

SELLAMI et ZEMMOURI, 2001. Effet des extraits aqueux de quelques plantes sur la mortalité et l'éclosion des larves de *Meloidogyne incognita*. *Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, University Gent* 59, pp: 813-816.

SELLAMI S et CHEIFA M., 1997- Effet de *Tagetes erecta* contre les *Meloidogyne* sous abris plastique, Symposium International de phytopharmacie et phytologie, Sect 6, pp:72-73.

SELLAMI S. et MEZRKET A., 2006- Nematicidal activity of some plant leaf extracts against *Meloidogyne incognita*. 9th Arab Congress of Plant Protection, 19-23.

SELLAMI S., LOUNICI M., EDDOUD et BENSEGHIR H., 1999- Distribution et plantes hôtes associées aux *Meloidogyne* sous abri plastique en Algérie. *Nematologia Mediterranea*, 27: 295-301.

SELLAMI S., MEZRKET A. et DAHMANE T., 2010- Activité Nematicide De Quelques Huiles Essentielles Contre *Meloidogyne Incognita*. *Ecole Nat. Sup. Agro., El Harrach, Nematol. medit.*, 38: 195-201.

SIDDIQUI I.A. and SHAUKAT S., 2003- Suppression of root knot disease by *Pseudomonas fluorescens* Chao in tomato: importance of bacterial secondary metabolite, 2, 4- diacetylphloroglucinol. *Soil Biol. Biochem.*, 35, 1615-1623.

SIDDIQUI Z.A. et MAHMOOD I., 1999- Role of bacteria in the management of plant parasitic nematodes "A review. *Bioresource Technology* 69, pp 167-179.

SIDDIQUI Z.A., 2004- Effect of plant growth promoting bacteria and composted organic fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and tomato growth. *Bioresource Technology*, 95: 223-227.

SIKORA R.A. et FERNANDEZ E., 2005- le nématode Les parasites de légumes. Dans: parasite des plantes Nématodes dans subtropicale et tropicale L'agriculture. Luc M, Sikora RA, Pont J (Éditeurs) 2e édition, CABI Wallingford, au Royaume-Uni. pp 319-392.

SINGH R.S. et SITARAMAIAH K., 1966- Incidence of root knot of okra and tomatoes in oil caked amended soils. *Pt. Dis. Repr* 50, 668-672.

SINGH S.P., VEENA P., KHAN A.M. et SAXENA S.K., 1986- Changes in the phenolic contents, related rhizosphere mycoflora and nematode population in tomato inoculated with *Meloidogyne incognita* as a result of soil amendment with organic matter. *Indian journal of nematology*, 15(2):197-201.

SMAHA D., 1991- Essai de mise au point d'une méthode de lutte intégrée contre les *Meloidogyne* sous-serre dans les régions littorales Algéroise. Thèse. Ing. Agro., I.N.A El-Harrach, 65 p.

SOMASEKHAR N. and SANKARANARAYANAN C., 2003-*Integrated nematodes managment.* Research and Development Workers meeting.

STIRLING G.R., 1991-Biological Control of plant parasitic Nematodes. Progress, Problems and Prospects. CAB International, Wallingford. p. 282.

STURHAN D., SHUTOVA T.S., AKIMOV V.N., SUBBOTIN S.A., 2005 - Occurrence, hosts, morphology, and molecular characterisation of *Pasteuria* bacteria parasitic in nematodes of the family Plectidae. *Journal of Invertebrate Pathology* 88, pp 17–26.

TABOUCHE F., 2000-Etude de l'influence de la plante hôte et de la densité nématologique sur les variations morphologique de *M.inncognita*. Thèse ing. Agro. Inst.

TABULA T.K., MADOUNGOU P., et BAYONNE L., 2005-Effets de l'iboga (*tabernanthe iboga* baillon) sur les Nématodes à galles (*meloidogynesp.*), *Acad. Agri. de France*, 71, 705-718.

TAYLOR A.L., 1987- Identification and estimation of Root Knot nematode species in Mixed populations. Division of plant industry, Bulletin 12, Florida, 71p.

TENUTA M. et LAZAROVITS G., 2004- Soil properties associated with the variable effectiveness of meat and bone meal to kill microsclerotia of verticilium dahliae. *Appl. Soil Ecol.* 25 : 219-236.

TIMCHENKO L.S., MAIKO T.K., 1989- Nematicidal properties of plants antagonists of nematodes of decorative plants. Byulleten'Vsesoyuznogo Instituta Gel'mintologii im. K. I. Skryabina No. 50: 81–84.

TODD F.A., 1980-Tobacco disease practices for 1980. 1980 tobacco information: 32-53. North Carolina Agricultural Extension Service. Raleigh, N.C.

TRIANANTAPHYLLOU A.C., 1973– Environnemental sex differentiation of nematodes in relation to pest management, pp: 441- 462.

VALLAD G. E., COOPERBAND L., and 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.

VANGUNDY S. D., 1985- Ecology of *Meloidogyne spp.* Emphasis on environmental factors affecting survival and pathogenicity. In «An advanced treatise on Meloidogyne, Vol. I: Biology and control». Ed. Sasser J.N. and Carter c.c., Raleigh N. c. state Univ. Graphies, pp. 177-182.

VANZYL., VILJOEN., 2008-Seasonal Variation in essential oil composition, oil toxicity and the biological activity of solvent extracts of three South African *Salvia* Species. South African, Vol. 74:230-237.

VEDIE H., LAMBION J., 2006-Lutte biologique contre les nématodes a galles. Bilan des essais du GRAB, 6p.

VILLENAVE C., FERNADEZ 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^o:32, XVI^e Congrès Mondial de l'Association Internationale de science du sol.

VISVANATHAN., 2005- Vermicomposting as an Eco-tool in Sustainable Solid Waste Management, Asian Institute of Technology, Anna University, India.

WALKER G.E. ; MOREY B.G., 1999- Effect of brassica and weed manures on abundance of *Tylenchulus semipenetrans* and fungi in citrus orchard soil. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 39 : 65-72.

WALLACE H.R., 1966- Nématologica in plant parasitic nemtode.morphologie. Anatomic. Taxonomic. Ecology. Ed. Acad.Press .vol. 1. London. PP. 236 - 253.

WHITEHEAD A.G., 1998- *Plant nematode control. Ed. CAB International.* 384 pp.

YEZLI M., 1995- Etude de l'agressivité des souches d'Arthrosatrys irregularis (souches algériennes) vis à vis des larves de *M incognita*. Recherche des milieux des cultures pour une production massive. thèse, Ing., Inst., Agro., El Harrache, 68p.

ZASADA I.A. and FERRIS H., 2003- Sensitivity of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans* to isothiocyanates in laboratory assays. *Phytopathology* 93 : 747-750.