REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA
FACULTE DES SCIENCES

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention de diplôme de Master en sciences agronomiques Option : phytopathologie

Thème :

Évaluation de l'activité nématicide et fongicide de l'extrait et du thé de lombricompost

Présenté par : **Le : 26 / 06/ 2024**

- ZEBBICHE Mohammed Riyadh
- SOUALHI Mohamed

Devant le Jury composé de :

M^{me} TCHAKER F.Z.	Présidente	M.C.A	U. MEDEA
M^{me} SAFIDDINE F.	Promotrice	M.C.B	U. MEDEA
M^{me} SLIFI M.	Co-promotrice	Doctorante	U. BOUIRA
M^{me} RAHIM Z.	Examinatrice	M.C.A	U. MEDEA

Année universitaire 2023 / 2024

RESUME

Notre étude vise à évaluer le potentiel biocide du lombricompost en testant in vitro l'activité nématicide et fongicide de ses extraits et thés vis-à-vis du nématode à galles Meloidogyne spp. et des champignons phytopathogènes des genres Aspergillus et Penicillium.

Cinq doses du traitement ont été testées : D1 (produit pur), D2 (50% de la solution mère), D3 (25%), D4 (10%) et D5 (5% de la solution pure). L'effet toxique de chaque dose a été évalué après des temps d'immersion de 2, 4, 24, 48 et 72 heures.

Les résultats démontrent un effet nématicide notable de l'extrait et du thé de lombricompost, dépendant des doses et des temps d'exposition. L'extrait semble plus efficace que le thé. Les doses pures et à 50% ont montré un effet choc important, avec des taux de mortalité des larves de Meloidogyne dépassant 90% après seulement 24 heures d'exposition.

De même, l'étude révèle une activité antifongique considérable contre les moisissures étudiées, en particulier contre le genre Aspergillus pour les doses les plus élevées (D1 et D2). Les faibles doses n'ont pas montré d'effet significativement différent de celui des témoins.

Mots clés : Extrait de lombricompost, thé de lombricompost, doses, nématicide et fongicide.

Evaluation of the nematicidal and mycological potential of vermicompost

ABSTRACT

Our study aims to evaluate the biocidal potential of vermicompost by testing in vitro the nematicidal and fungicidal activity of its extracts and teas against the root-knot nematode Meloidogyne spp. and the phytopathogenic fungi of the genera Aspergillus and Penicillium.

Five treatment doses were tested: D1 (pure product), D2 (50% of the stock solution), D3 (25%), D4 (10%) and D5 (5% of the pure solution). The toxic effect of each dose was evaluated after immersion times of 2, 4, 24, 48 and 72 hours.

The results demonstrate a significant nematicidal effect of vermicompost extract and tea, depending on the doses and exposure times. The extract appears to be more effective than the tea. The pure and 50% doses showed a strong shock effect, with mortality rates of Meloidogyne larvae exceeding 90% after only 24 hours of exposure.

Similarly, the study reveals considerable antifungal activity against the studied molds, particularly against the genus Aspergillus for the highest doses (D1 and D2). The low doses did not show a significantly different effect from that of the controls.

Keywords : Vermicompost extract, vermicompost tea, doses, nematicidal and fungicidal.

تقييم الإمكانات المضادة للديدان الخيطية والفطرية لديدان الأرض

الملخص:

تهدف دراستنا إلى تقييم الإمكانات البيولوجية لديدان الأرض من خلال اختبار نشاطها المضاد للديدان الخيطية والفطريات في المختبر باستخدام مستخلصاتها وشايها ضد دودة الجذر العقدية Meloidogyne spp. والفطريات النباتية من جنس Aspergillus و Penicillium.

تم اختبار خمس جرعات من العلاج D1 (منتج نقي)، D2 (50٪ من المحلول الأم)، D3 (25٪)، D4 (10٪) و D5 بعد أوقات غمر تبلغ 2 و 4 و 24 و 48 و 72 ساعة. تم تقييم التأثير السام لكل جرعة (5٪ من المحلول النقي).

أظهرت النتائج تأثيرًا مضادًا للديدان الخيطية ملحوظًا لمستخلص وشاي ديدان الأرض ، اعتمادًا على الجرعات وأوقات التعرض. يبدو أن المستخلص أكثر فعالية من الشاي. أظهرت الجرعات النقية و تتجاوز 90٪ بعد 24 ساعة فقط Meloidogyne 50٪ تأثير صدمة كبير ، مع معدلات وفيات يرقات من التعرض.

وبالمثل ، تكشف الدراسة عن نشاط مضاد للفطريات كبير ضد العفن المدروس ، خاصة ضد جنس Aspergillus للجرعات الأعلى (D1 و D2). لم تظهر الجرعات المنخفضة تأثيرًا مختلفًا بشكل كبير عن تأثير الضوابط.

الكلمات المفتاحية : مستخلص ديدان الأرض، شاي ديدان الأرض، الجرعات، مضاد للديدان الخيطية، مضاد للفطريات.

Remerciment:

Avant tout, nous remercions Dieu de nous avoir permis d'atteindre ce moment, que nous honorons tous les deux en tant qu'étudiants à l'Université de Médéa.

Nous exprimons nos sincères remerciements et notre appréciation aux distingués , dirigés par les enseignons qui a soumis son évaluation de ce travail, à savoir Mme Rahim Zohra, et avec elle Mme Tchaker Fatma Zohra, qui nous a beaucoup apporté dans notre parcours académique à l'université.

Un grand merci et reconnaissance aux professeurs qui ont encadré ce travail, Mme Safiedine Fahima et Silifi Malika, et qui ont travaillé pour nous guider dès le début des travaux de thèse de fin d'études. Nous les remercions également pour la présentation de ce sujet que nous avons choisi.

Merci Yousef Bin Khawa de nous avoir facilité la tâche en nous fournissant l'un des équipements, qui est un broyeur de branches et de feuilles d'arbres.

Merci beaucoup, Toufik Bettache, et sans oublier les travailleurs de la Faculté des Sciences, qui ne nous ont pas épargnés en nous apportant l'essentiel de leur aide.

Nous remercions tous les enseignons qui nous ont beaucoup apporté dans notre parcours académique depuis le premier jour, et un merci tout particulier aux enseignons de la branche Sciences Agronomiques.

Nous remercions tout les personnes Travailler dans notre facultés..

Nous remercions l'Université Yahia Fares Médéa de nous avoir offert les beaux jours que nous avons vécus tout au long de notre parcours académique dans son ensemble.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

Aux deux êtres qui ont toujours fait ma joie et mon bonheur, offert amour et tendresse, sur lesquels j'ai toujours compté qui ont fait richesse de mon âme, qui m'ont toujours ouvert leurs cœurs et toujours rassurer : ***ma mère et mon père.***

À mes ***sœurs et frères***

À ma grande famille, ***ma grand-mère et tous ceux que m'ont connu.***

Sans oublier la petite sœur ***Yousra***

À mes proches amies : ***Karim, Ahmed, Rabeh, Merzak, Oussama, Hamza, Younes, Abderrahmane et Issam …***

À tous mes collègues de la résidence universitaire : ***Basset, Anouar et Aziz***

À tous mes collègues ***: Soufiane, Alla Eddine, Hamid, Khalil, Wafa, Amina, Fatiha et Lamia.***

A l'ensemble des étudiant de ma promo, particulièrement ceux de ***M2 phytopathologie : Mohamed, Yasser, Moustapha, Roufida et tous***

Sans oublier tous mes enseignants

Merci pour les beaux souvenirs de l'université ensemble

Spécial Dédicace à mon amie ***Chaima***

À tous ceux que j'aime, qui m'aiment et tous ceux que m'ont connu.

A tous ceux qui m'ont aidé pour réaliser ce mémoire.

Riyadh

Dédicaces

Tout d'abord, je remercie mon Dieu de m'avoir permis d'atteindre ce niveau.

Je dédie ce mémoire à :

A mes très chers parents, source de ma joie de vivre et de mon Courage d'avancer.

A ma grand-mère.

A tous ma famille.

A mon collègue de travail Riyad.

A tous mes amies d'étude :

Riyad, Yasser, Mustapha et toutes les filles.

A tous mes amies.

A tous mes enseignants.

A tous ceux que j'aime et je respecte.

Merci pour les jours heureux que nous ayons passés à l'université Yahia Fares Médéa, département science de la nature et de la vie.

Soualhi Mohamed

TABLE DE MATIERES

RESUME

ABSTRACT

الملخص

REMERCIEMENTS

DEDICACES

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Introduction générale 17

Chapitre I : Généralité sur le vermicompostage

I.1. Origine 20

I.2. Définition du vermicompostage 20

I.3. Différents types de Compostière 21

I.3.1. Les compostières "horizontales" à plusieurs compartiments 21

I.3.2. Les compostières "verticales" à un compartiment 21

I.3.3. Les compostières "verticales" à plusieurs compartiments 22

I.4. Les lombrics 23

I.4.1. *Eisenia fetida*, le gourmand 23

I.4.1.1. Position Systématique 23

I.4.1.2. Cycle de vie 24

I.4.1.3. *Eisenia fœtida* est idéal pour le lombricompostage 25

I.4.2. *Eisenia andreï* 25

I.4.2.1. Position Systématique 26

I.5. Processus du vermicompostage 26

I.6. Paramètres influençant le vermicompostage 27

I.6.1. Température 27

I.6.2. Humidité 27

I.6.3. pH 28

I.6.4. Aération 28

I.6.5. Rapport C/N 28

I.6.6. Rôles des vers de terre 28

I.7. Intérêt, agro-écologique et économique du vermicompostage 29

I.7.1. Écologique 29

I.7.2. Agronomique 30

I.7.3. Économique 30

CHAPITRE II : Données bibliographiques sur les principaux bioagressurs végétaux

II.1. Les nématodes à galle du genre *Meloidogyne* 32

II.1.1. Généralité sur les nématodes à galle 32

II.1.2. Classification des nématodes à galle 32

II.1.3. Morphologie des nématodes à galle 33

II.1.4. Cycle de vie des nématodes à galle 35

II.1.5. Symptôme est dégâts des nématodes à galle 36

II.1.6 Lutte biologique 36

II.1.6.1. Les micro-organismes 37

II.1.6.2. Les plante nématicides 37

II.1.6.3. Utilisation de compost 37

II.2. Généralités sur les champignons 38

II.2.1. Définition 38

II.2.2. Systèmes de classification et d'identification des champignons 39

II.2.2.1. Identification morphologique 39

II.2.2.2. Identification génétique 39

II.2.2.3. Classification basée sur des critères morphologiques 40

II.2.2.4. Classifications moléculaires 40

II.2.3. Les champignons telluriques phytopathogènes 40

II.2.4. Les principaux genres de champignons telluriques phytopathogènes 41

II.2.4.1. Le genre *Fusarium* 41

II.2.4.2. *Aspergillus sp* 43

CHAPITRE III : Matériel et méthodes

III.1. Les objectifs 46

III.2. Préparation des biotraitements 46

III.2.1. Préparation des extraits de lombricompost 46

III.2.2. Préparation de thé de lombricompost 47

III.2.3. Préparation des doses 49

III.3. Obtention des agents antagoniste 49

III.3.1. Obtention des larves L2 de *Meloidogyne* 49

III.3.2. Obtention des Isolats fongiques phytopathogènes 50

III.3.2.1. Identification microscopique 51

III.3.2.2. Activités antagonistes in situ 51

III.3.2.3. Préparation des inoculum et le milieu de culture 52

III.3.2.4. Mode opératoire 52

III.3.2.5. Ensemencement 53

III.3.2.6. L'incubation 53

III.3.2.7. Le repiquage 53

III.3.2.8. L'identification 53

III.3.2.9. L'observation macroscopique 54

III.4. Dispositif expérimental des essais 55

III.4.1. Effet de thé et d'extrait de sur la mobilité et la viabilité des juvéniles 55

III.4.2. Effet fongique du thé et d'extrait de lombricompost 56

III.4.2.1. Application des traitements 56

III.4.2.2. La lecture 56

III.4.2.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) 56

III.5. Estimation de la mortalité corrigée 57

III.6. Analyse des données 58

III.6.1. Analyses de variance 58

CHAPITRE IV : Résultats et discussion

IV.1. Evaluation de la toxicité des traitements utilisés sur les larves de *Meloidogyne spp.* 60

IV.1.1. Evaluation de l'efficacité de l'extrait de lombricompost sur les nématodes à galles *(Meloidogyne).* 60

IV.1.2. Toxicité de thé de lombricompost 61

IV.1.3. Toxicité comparée de l'extrait et de thé de lombricompost sous l'effet de différentes doses 63

IV.2. Effet du lombricompostage sur les moisissures 65

IV.2.1. Effet du lombricompostage sur les moisissures 65

IV.2.1.1. L'*Aspergillus sp* 65

VI.2.1.2. Le *Penicillium notatum* 66

IV.2.2 Effet sur la mortalité fongique 66

IV.2.2.1. Effet de l'extrait du compost sur le genre *Aspergilus* 67

IV.2.2.2. Effet de l'extrait du compost sur le genre *Penicillium* 68

IV.3 **Discussion** 70

CONCLUSION 75

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE 78

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 :	Des vers rouges (*Eisenia fetida*) mangent des déchets organiques	20
Figure I.2 :	Schéma d'une compostière horizontal	**21**
Figure I.3 :	Schéma d'une compostière verticale à un compartiment	**22**
Figure I.4 :	Schéma d'une compostière verticale à plusieurs compartiments	**22**
Figure I.5 :	Morphologie externe et interne d'un ver de terre appartenant au sous-ordre des Lumbricina	**23**
Figure I.6 :	Cycle de croissance du ver de terre *Eisenia fetida*	**25**
Figure I.7 :	Le ver de Californie *Eisenia andreï*	**26**
Figure I.8 :	Diagramme du processus du lombricompostage	**27**
Figure I.9	Représentant le rendement de fraise (kg /plante) par apport des différents types d`irrigation	**30**
Figure II.1 :	Morphologie des *Meloidogyne sp*	**34**
Figure II.2 :	Cycle de vie des nématodes à galles	**35**
Figure II.3 :	Symptômes des nématodes à galle	**36**
Figure II.4 :	Les symptômes de la pourriture racinaire de la plante de tomate ……	**42**
Figure II.5 :	Aspect microscopique de *Fusarium oxysporum sp*	**43**
Figure II.6 :	Symptômes de la pourriture des grains de maïs causée par (*Aspergillus Niger*)	**44**
Figure II.7 :	Aspect microscopique d'*Aspergillus niger*	**44**
Figure III.1 :	Protocole de préparation de l'extrait de lombricompost	**47**
Figure III.2 :	Protocole de préparation de thé de lombricompost.	**48**
Figure III.3 :	L'obtention des larves (L2) de *Meloidogyne*	**50**
Figure III.4 :	Les moisissures	**51**
Figure III.5 :	le devellopement des champignons (*aspergilus et penecilium*) apprés 15 jours dans l`étuve.	**54**
Figure III.6 :	Application des traitements de nematodes	**55**
Figure III.7 :	Application des traitements de moisissures	**57**
Figure IV.1 :	Evaluation de la toxicité des extraits de lombricompost sur les larves	**61**

de *Meloidogyne spp*.

Figure IV.2 : Evaluation de la toxicité de thé de lombricompost sur les larves de *Meloidogyne spp*. **63**

Figure IV.3 : Toxicité comparée de l'extraits et de thé lombricompost sur les larves de *Meloidogyne spp.* **64**

Figure IV.4 : L'impact du lombricompostage sur *l'aspérgillus* **65**

Figure IV.5 : L'impact du lombricompostage sur *Penicillium* **66**

Figure IV.6 : Évaluation de l'effet de l'extrait de lombricompost sur *Aspergillus* en fonction des doses attribués **67**

Figure IV.7 : Évaluation de l'effet de l'extrait de lombricompost sur *Aspergillus* en fonction temps **68**

Figure IV.8 : Évaluation de l'effet de l'extrait de lombricompost sur *Penicillium* en fonction des doses attribués **69**

Figure IV.9 : Évaluation de l'effet de l'extrait de lombricompost sur *Penicillium* en fonction temps **69**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III.1 :	Composition du milieu *Potatos Dextros* Agar (PDA)	**52**
Tableau IV.1 :	Taux de mortalité des larves de *Meloidogyne* spp. sous l'effet de thé de lombricompost	**60**
Tableau IV.2 :	Taux de mortalité des larves de *Meloidogyne* spp. sous l'effet de thé de lombricompost	**62**

Liste des abréviations

C/N : Carbone / Azote

ppm : Partie par million

N: Azote

P: Phosphore

K : Potassium

Mg : Magnesium

Cu : Cuivre

Zn : Zinc

Mn : Manganèse

Bo : Bore

Fe : Fer

Cm : Centimètres

T :Tons

ha :hectare

Kg : kilo gramme

ITCMI : Institut Technique des Culture Maraichères et Industrielles

L2 : Larve 2

% : Pourcentage

Introduction générale

Introduction générale

Les cultures maraîchères sont considérées comme l'un des secteurs les plus prometteurs de l'agriculture en Algérie. Elles trouvent sous le climat méditerranéen les conditions climatiques correspondant à leur existence. La consommation quotidienne de l'Algérien est principalement constituée de spéculations, qui occupent la deuxième place après les céréales (El Kebiri, 1993). Les terres utilisées par ces cultures évoluent sans cesse, en particulier celles qui sont sous plastique. Les abris-serres offrent des conditions climatiques idéales pour le développement des cultures. Elles favorisent également la propagation des maladies et la pullulation de nombreux ravageurs tels que les acariens, les pucerons, les champignons, les nématodes où les dégâts les plus graves sont causés par les espèces du genre *Meloidogyne* à l'échelle mondiale (De Guiran, 1983), quant au champignons telluriques plusieurs genres peuvent infecter les racines des cultures maraîchères, Il s'agit notamment des *Aspergillus,* les *Penicillium* et les *Fusarium, Rhizoctonia, Alternaria, Pythium, verticilium*. (Agrios, 2005).

Les nématodes à galles (*Meloidogyne*) sont l'un des parasites les plus nocifs pour les cultures maraîchères, que ce soit dans les régions tropicales ou subtropicales. Ils occasionnent d'importants dommages économiques à l'échelle mondiale (Sikora et Fernandez, 2005). Il est impératif pour ce nématode d'infecter les racines de plus de 200 espèces de plantes herbacées et ligneuses, y compris les plantes mono- et dicotylédones (Hussey, 1985).

Pour lutter contre les maladies phytopathogenes, on a longtemps utilisé des produits chimiques. La fumigation du sol est largement employée pour diminuer les infestations. Dans notre pays, la lutte chimique est toujours la plus utilisée, mais elle n'est pas en mesure de résoudre le problème de ses ravageurs, de multiples difficultés et des inconvénients majeurs à la fois d'ordre technique, économique et surtout phytosanitaire sont à signaler, (Yezli, 1995). L'emploi de produits chimiques de synthèse pour le contrôle phytosanitaire suscite plusieurs inquiétudes concernant l'environnement, la santé humaine, les espèces non cibles et l'expansion des populations résistantes (Bajpai, 2007).

Le terme vermicompostage (ou lombricompostage) se réfère à l'utilisation de vers tel que *Eisenia fetida* pour composter les résidus organiques. Les vers peuvent consommer pratiquement tous les types de matière organique et peuvent absorber l'équivalent de leur propre poids par jour. Les turricules (excréments) des vers sont riches en nitrates, et en formes disponibles de P, K, Ca et Mg. Le passage à travers les vers de terre favorise la croissance des

bactéries et notamment des actinomycètes dont la teneur dans les déjections de vers de terre est six fois supérieure à celle du sol d'origine (Albrecht, 2007).

Les vers de terres jouent un rôle important dans les cycles biogéochimiques (Jandl et Wenzel, 2011). Ils sont considérés comme des alliés naturels et comme les principaux contributeurs à la fertilisation des sols (Wenz,2008). Ils représentent environ 70% de la biomasse animale terrestre dans les zones tempérées (Vigot et Cluzeau 2014).

L'usage de compost a pu réduire significativement la population de nématodes sur les plantes pour la maintenir sous un seuil économique acceptable (Akhtar, 1998 ; Oka et Yermiyahu, 2002). Ceci a orienté les recherches vers la valorisation d'autres formes de composts. Ainsi, l'efficacité des extraits aqueux du compost ou des jus de compost (compost teas), en protection phytosanitaire, vis-à-vis de plusieurs champignons pathogènes, a commencé à être affirmée par plusieurs travaux (Weltzien, 1992 ; Elad et Shtienberg, 1994 ; McQuilken et al., 1994 ; Zhang et al., 1998). En revanche, l'effet des extraits de composts sur les nématodes n'est pas encore bien étudié.

Cette étude vise à évaluer in vitro l'activité nématicide et fongicide du thé et de l'extrait de vermicompost vis-à-vis du nématode à galles *Meloidogyne* ainsi que des champignons phytopathogènes des genres *Aspergillus* et *Penicillium*.

Le travail se décompose en quatre chapitres :

Chapitre I : Généralités sur le vermicompostage.
Chapitre II : Données bibliographiques sur les principaux bioagresseurs végétaux.
Chapitre III : Matériels et méthodes utilisés pour cette étude.
Chapitre IV : Présentation et discussion des résultats, suivie d'une conclusion générale.

Chapitre I : Généralité sur le vermicompostage

Chapitre I : Généralité sur le vermicompostage

I.1 Origine

Le terme de « lombricompostage » est un peu ambigu dans la mesure où les vers du genre « Lumbricus » (*L. terrestris* par exemple) sont plutôt des « anéciques » qui ne conviennent pas pour ce type de traitement des biodéchets. Le terme de vermicompostage, plus populaire en Belgique ou au Canada est plus adapté. (Mazaud.2015).

I.2. Définition du vermicompostage

Le vermicompostage est une méthode très efficace de conversion des déchets organiques solides en une ressource précieuse, utile et respectueuse de l'environnement. C'est un processus accéléré qui implique la bio-oxydation et la stabilisation des déchets à la suite des interactions entre certaines espèces de vers de terre et de microorganismes (Lores et al., 2006 ; Dominguez, et al., 2010). Ainsi, le lombricompost, qui est le produit final est un matériau stabilisé, finement divisé, ressemblant à de la tourbe, présentant un faible rapport C/N, une porosité élevée et une capacité de rétention en eau qui contient la plupart des nutriments sous forme facilement assimilables par les plantes (Dominguez, 2004).



Figure I.1 : Des vers rouges (*Eisenia fetida*) mangent des déchets organiques (Chaoui,2010)

Le vermicompostage peut se faire à petite échelle avec des déchets organiques ménagers, ou bien à grande échelle, soit à la ferme avec du fumier, soit dans l'industrie alimentaire avec des déchets organiques, par exemple de fruits et de légumes. (Chaoui,2010)

I.3. Différents types de Compostière

Il existe 3 modèles de vermicompostière :

I.3.1. Les compostières "horizontales" à plusieurs compartiments

La récupération du compost est plus facile. Vous mettez vos déchets d'un côté. Lorsque le compost est fini et que vous voulez le récolter, vous n'alimentez plus ce côté et vous mettez la nouvelle matière dans l'autre partie. Après une dizaine de jours, les vers de terre affamés, auront migré dans le deuxième bac. Récupérez le compost du premier bac (Morin,2017).



Figure I.2 : Schéma d'une compostière horizontal (Gutiérrez, 2019).

I.3.2. Les compostières "verticales" à un compartiment

Il faut le vider comme un fût de compostage. Retourner le container ou récupérez la matière par le haut. Les vers se trouveront dans la partie du dessus, la plus riche en matière non décomposée. Si vous retournez le bac, allez assez vite pour enlever cette couche pour éviter que les vers ne s'échappent, et pour la même raison, placez-la dans un récipient fermé et couvert (pour limiter l'excès de lumière et leur fuite...). Récupérer le compost. (Morin ,2017).



Figure I.3 : Schéma d'une compostière verticale à un compartiment
https://www.lombricomposteureco.fr/

I.3.3. Les compostières "verticales" à plusieurs compartiments

Utilisé le même procédé que pour les compostières "horizontales" en deux parties. Mais dans ce cas, les vers migreront verticalement. Les lombrics sont escaladeurs mais vous leur faciliterez la tâche en mettant les nouvelles matières dans le bac situé en-dessous de bac qui est plein. (Morin ,2017).

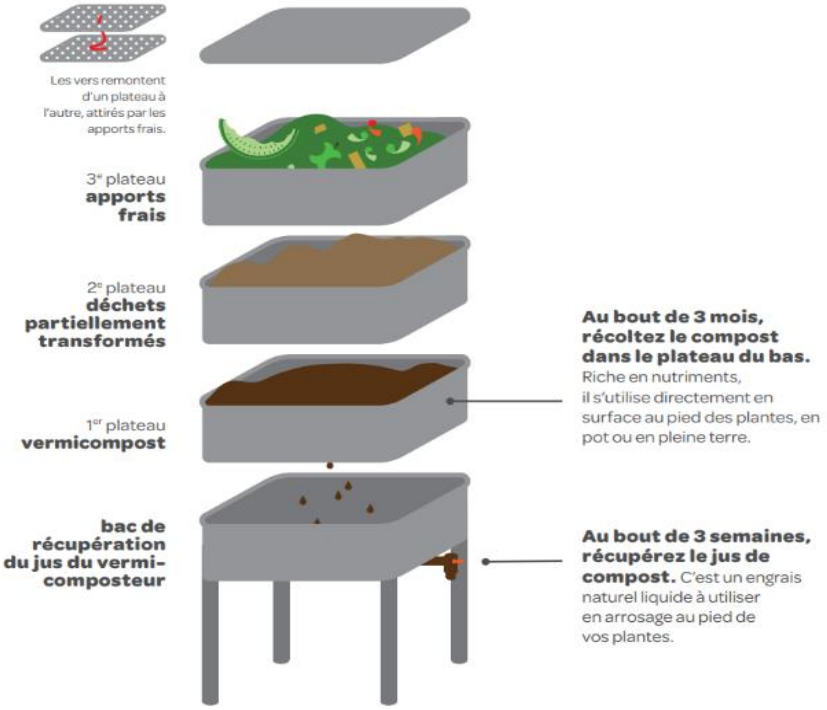


Figure I.4 : Schéma d'une compostière verticale à plusieurs compartiments (Grandlyon, 2021).

I.4. Les lombrics

Il existe dans la nature beaucoup d'espèces de vers mais seules quelques-unes peuvent être mises dans la compostières. Les gros vers de terre du jardin ne sont pas utilisables pour le compostage (Caseellato S., 1987)

Deux espèces du genre *Eisenia* sont utilisables :

I.4.1. *Eisenia fetida*, le gourmand

Le lombric le plus utilisé pour le lombricompostage se nomme *Eisenia fetida*. On l'appelle communément ver rouge, ver à fumier ou ver à compost. Il présente une couleur brun-rouge et sa longueur n'excède pas 10-12 cm. À la différence des gros vers de terre qui aèrent et remuent le sol en y creusant des galeries, le ver rouge est plutôt à son aise dans la couche supérieure du sol, lorsqu'il y a beaucoup de matière organique en décomposition. On le retrouve naturellement sous les amas de feuilles mortes, de compost ou de fumier (Chaoui,2003).

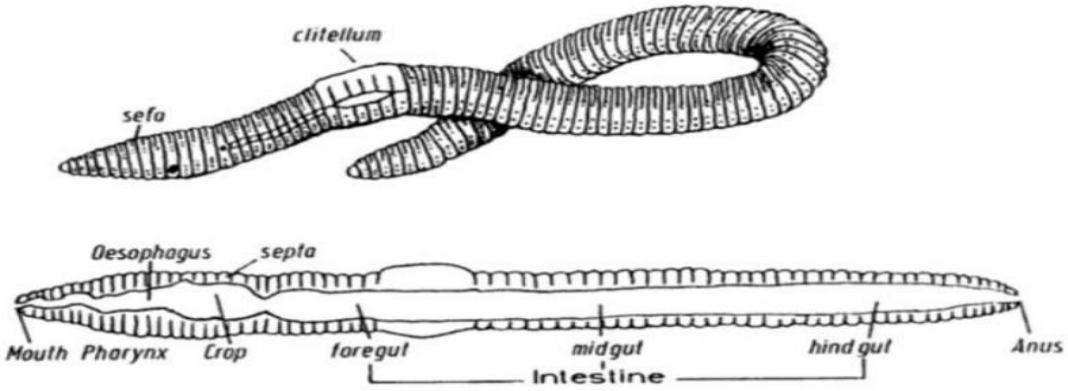


Figure I. 5 : Morphologie externe et interne d'un ver de terre appartenant au sous-ordre des Lumbricina (Benckiser, 1997).

I.4.1.1. Position Systématique

La position systématique d'*Esenia fetida* est la suivante (Cuevas, 2005 in Pedro Del Aguila Juárez et al., 2011) :

- Embranchement : Annellida
- Classe : Oligochaeta
- Sous-classe : Clitelata
- Ordre : Haplotaxia

- Sous-ordre : Lumbricina
- Superfamille : Lumbricoidea
- Famille : Lumbricidae
- Sous-famille : Lumbricinae
- Genre et espèce : Eisenia fetida (Savigny, 1826).

I.4.1.2. Cycle de vie

E. fetida est un organisme hermaphrodite, c'est-à-dire qu'il est à la fois mâle et femelle. Malgré cela, sa reproduction doit tout de même passer par l'accouplement entre deux individus. Un examen attentif du contenu de la lombricompostière permet d'observer le lombric aux différents stades de son cycle de vie. (Morin ,2017).

La croissance *d'Eisenia fetida* dépend de la densité de la population et du rationnement des aliments (Singh et al., 2013). Leur poids augmente plus rapidement avec une diminution de la densité de la population (Garg et al., 2005). D'autre part, Ton et al. (2009) ont observé que le taux de croissance des vers de terre dépend fortement sur le type et la qualité du substrat. Normalement, Le cycle de croissance du ver *E. fetida* prend de 40 à 60 jours pour juvéniles pour devenir un ver mature ou adulte (Fadaee Le poids du ver adulte est d'environ 1,5 g à 50 à 55 jours. Après être sortis du cocon, ils sont capables de de reproduire. Les vers adultes peuvent créer un cocon trois jours en moyenne et après 23 jours, un tiers de les nouveau-nés sortent du cocon (Fig. 6). Pour une croissance des vers, ils ont besoin de températures qui varient entre 15 et 20 C, teneur en humidité de 89 à 90%, oxygène, teneur en ammoniac des déchets inférieure à 0,5 mg/g, teneur en sel inférieure à 0,5 % et pH variant de > 5 et < 9 (Sherman 2003).

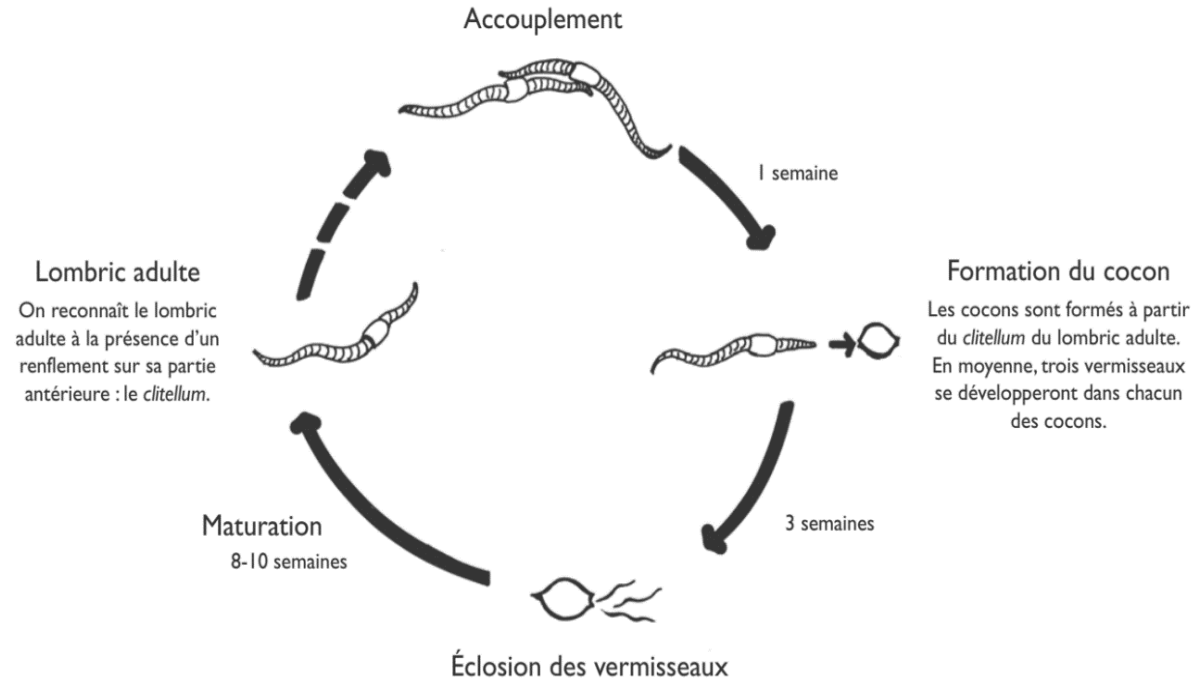


Figure I.6 : Cycle de croissance du ver de terre *Eisenia fetida* (Venter et Reinecke 1988)

I.4.1.3. *Eisenia fœtida* est idéal pour le lombricompostage (MAAEEDA,2013)

• Reproducteur prolifique, sa population peut doubler tous les trois ou quatre mois.

• Gourmand, il peut transformer chaque jour une quantité de matière organique équivalente à plus de la moitié de son poids (ex. : 500 g de lombrics peuvent consommer 250 g de matière organique par jour).

• Résistant, il accepte la vie en captivité et tolère différentes conditions de température, d'humidité et d'acidité.

I.4.2. *Eisenia andreï*

Le ver de Californie (il est rouge vif et se nourrit de matière organique fraîche).



Figure I.7 : Le ver de Californie *Eisenia andreï* (Marc C et al., 1999)

I.4.2.1 Position Systématique

- Règne : Animalia
- Phylum : Annelida
- Classe : Clitellata
- Sous-Classe : Oligochaeta
- Ordre : Crassiclitellata
- Sous-Ordre : Lumbricina
- Super-Famille : Lumbricoidea
- Famille : Lumbricidae
- Genre : Eisenia
- Espèce : *Eisenia andrei* (Bouché, 1972).

I.5. Processus du vermicompostage

Le processus de vermicompostage comprend **deux phases** importantes en fonction de l'activité du ver de terre. On distingue **une phase active** au cours de laquelle le ver de terre transforme le substrat organique, modifiant ainsi son état physique et sa composition microbienne (Lores et al., 2006). Et **une phase de maturation** marquée par la migration des vers de terre vers des couches de substrat plus fraîches non digérées. Durant cette phase, les micro-organismes prennent en charge la décomposition du substrat déjà digéré par les vers de terre (Aira et al., 2007 ; Gómez-Brandón et al., 2011). La durée de la phase de maturation n'est pas fixe, elle dépend de l'efficacité avec laquelle se déroule la phase active du processus, qui est elle-même déterminée par l'espèce et la densité des vers de terre dans le compost (Dominguez et al., 2010).

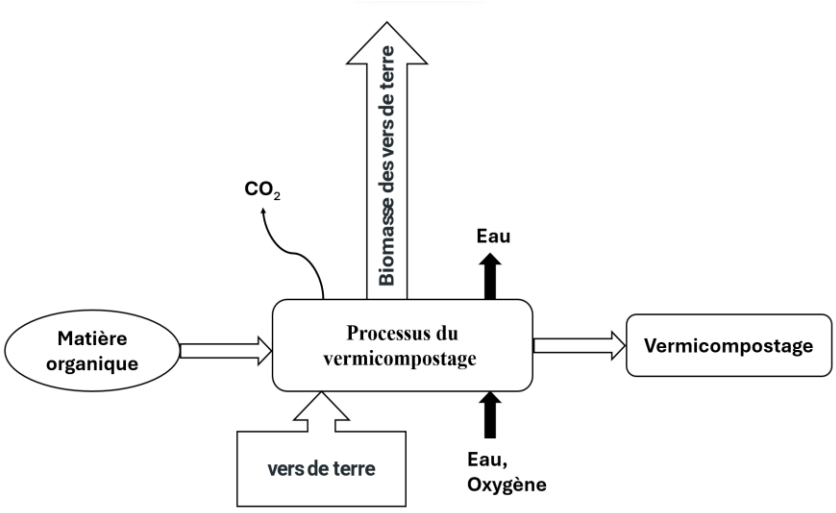


Figure I.8 : Diagramme du processus du lombricompostage (ESF et Seecon., 2006)

I.6. Paramètres influençant le vermicompostage

I.6.1. Température

La température est le facteur clé qui affecte l'activité biologique dans toute opération de compostage. Elle est importante pour assurer une croissance et une activité optimales des microbes (Singh et al., 2013). Dans le vermicompostage, l'activité du ver de terre, son métabolisme, sa croissance, sa respiration et sa reproduction sont fortement influencés par la température (Reinecke et al., 1992 ; Dominguez, 2004 ; Rostami, 2011). En effet, les températures élevées et l'environnement sec sont plus contraignants que les basses températures et l'environnement saturé d'eau, pour les vers de terre (Rostami, 2011). Des études ont montré qu'une plage de température d'environ 15-25 °C est plus appropriée pour le vermicompostage (Dominguez, 2004).

I.6.2. Humidité

Il existe de fortes relations entre la teneur en humidité des déchets organiques et le taux de croissance des vers de terre. Le manque ou l'excès d'humidité est néfaste pour les vers de terre. En cas de forte humidité les concentrations en oxygène deviennent faibles dans le substrat et sont préjudiciables pour les vers car ils respirent à travers la peau (Sierra et al, 2011), de même que pour les microorganismes aérobies qui jouent un rôle très essentiel dans la dégradation de la matière organique. La plage optimale de la teneur en humidité dans le vermicompost pour la plupart des espèces se situerait entre 50 et 90 % (Dominguez, 2004).

I.6.3. pH

Cependant, des chercheurs ont montré que davantage d'espèces de vers de terre manifestent un intérêt pour la vie à pH neutre (Rostami, 2011). Les augmentations mineures de l'acidité causées par l'ajout de déchets frais sur le lit de vermicompostage peuvent être neutralisées par les sécrétions intestinales de calcium de vers de terre et d'ammoniac excrété. Une autre solution pour pallier ce problème d'acidité, la chaux ou les coquilles d'œufs sont couramment ajoutées au lombricompost (Dominguez, 2004).

I.6.4. Aération

Les vers de terre n'ont pas d'organes respiratoires spécialisés ; ils obtiennent de l'oxygène par diffusion à travers la paroi du corps et perdent du dioxyde de carbone par le même mécanisme. Par ailleurs, ils sont très sensibles aux conditions anaérobies et leur fréquence respiratoire est réduite lorsque la concentration en oxygène est faible (entre 55 et 65 %). Les activités d'alimentation pourraient être réduites dans ces conditions non optimales (Dominguez, 2004). Le processus de dégradation de la matière nécessite par conséquent un bon apport en oxygène. Pour cela, un meilleur échange d'air de l'intérieur vers l'extérieur de la compostière est nécessaire (Morin, 2004).

I.6.5. Rapport C/N

L'apport de carbone (C) par rapport à l'azote (N) est une qualité importante des matières premières du compost (Graves & Hattemer, 2000). Celui-ci est désigné par le rapport C/N qui exprime la proportion de carbone et d'azote disponible dans la matière organique. C'est un paramètre essentiel dans la le processus de décomposition aérobie de la matière organique (Aboulam, 2005). Selon certains auteurs, pour le compostage des déchets ménagers, le rapport C/N optimal doit être compris entre 25 et 30 selon le type de matière première.

I.6.6. Rôles des vers de terre

La principale activité des vers de terre consiste à ingérer du sol, à mélanger différentes composantes du sol et à produire du fumier en surface, convertissant ainsi la matière organique en humus du sol (Ansari & Ismail, 2012). Les vers de terre jouent un rôle important dans la décomposition de la matière organique et le métabolisme du sol par l'alimentation, la fragmentation, l'aération, le renouvellement et la dispersion (Shuster et al., 2000). Dans les

conditions idéales, les lombrics peuvent consommer pratiquement toutes sortes de matières organiques et ils peuvent manger l'équivalent de leur propre poids par jour. Par exemple, un kilogramme de vers peut consommer un kilogramme de résidus tous les jours (FAO, 2005 ; Hemalatha, 2012).

I.7. Intérêt, agro-écologique et économique du vermicompostage

I.7.1. Écologique

Le vermicompostage a récemment été reconnu comme une alternative appropriée de stabilisation et d'élimination hygiénique et économique des déchets urbains (Achsah & Lakshmi Prabha, 2013). En effet, dans le système de gestion des déchets, le vermicompostage est durable, économiquement viable et sans effets néfastes pour la santé humaine ou pour l'environnement (Dominguez & Gomez-brandon, 2005 ; Pirsaheb et al., 2013).

Le lombricompostage s'inscrit donc dans une démarche écoresponsable, participe à la diminution de l'utilisation d'engrais chimiques et à la promotion de pratiques de jardinage écologiques. En effet, en intégrant ce processus dans votre mode de vie, vous recyclez vos propres déchets et les transformez en ressources pour la fertilisation de vos plantes, tout en prenant conscience de l'importance d'un mode de consommation responsable et durable.(https://www.lombricomposteureco.fr/comment-fonctionne-un-lombricomposteur/)

I.7.2. Agronomique

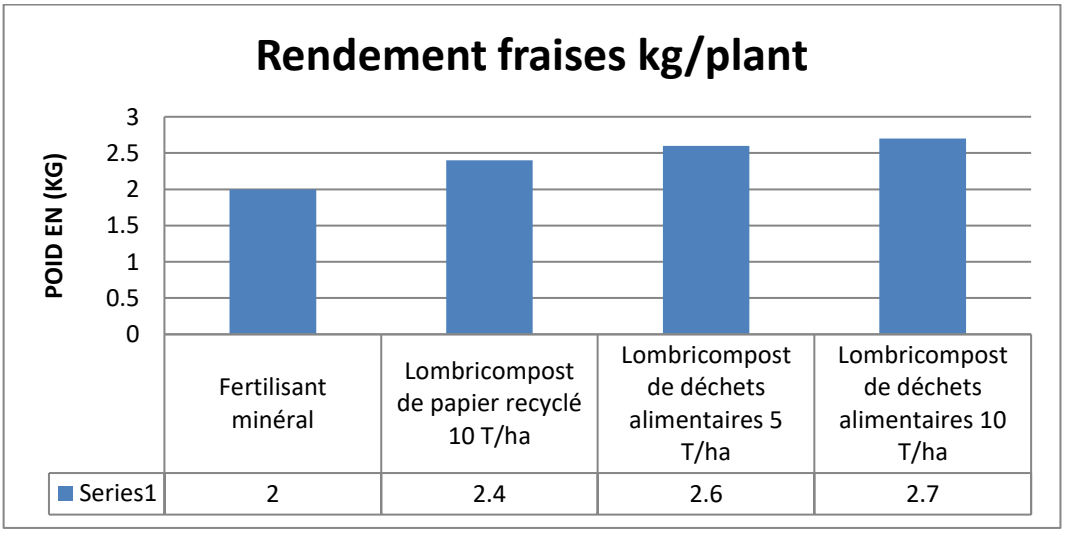
Sur le plan agronomique, les avantages du vermicompost en tant qu'amendement implique son potentiel à maintenir la matière organique du sol, favoriser la disponibilité des éléments nutritifs, supprimer les maladies des plantes et augmenter l'abondance et l'activité microbiennes du sol (GomezBrandon & Dominguez, 2014). En effet, Arancon et al. (2006) ont constaté deux contributions majeures du vermicompost dans le sol, celles de l'augmentation de la population microbienne et de leur activité. Ces deux facteurs jouent un rôle déterminant dans le rythme du cycle des nutriments dans le sol, la production d'éléments influençant la croissance des plantes, l'accroissement de la résistance des plantes ou la tolérance aux maladies et aux attaques des nématodes. Cet amendement organique rend non seulement les plantes saines et productives, mais il régule également le développement des plantes grâce aux acides humiques et aux hormones de croissance (Durak et al., 2017). Lorsqu'il est utilisé comme substitut total ou partiel des engrais minéraux dans les supports de culture en serre à base de tourbe et comme amendement de sol dans les études de terrain, il

présente des bénéfices assez significatifs (Lazcano & Dominguez, 2011). Des études ont démontré le potentiel fertilisant du lombricompost dans l'amélioration de la croissance et du rendement de différentes cultures de plein champ. C'est le cas des légumes, des cultures florales et fruitières (Achsah & Lakshmi Prabha, 2013), de la laitue Durak et al. (2017) ; de la tomate (Eswaran & Mariselvin, 2016; Vijayalakshmi et al., 2017.

I.7.3. Économique

En production de fraises en plein champ, aux Etats-Unis, sur paillage plastique et micro-irriguée, le rendement en fruits commercialisables est augmenté de 20 % à 35 % par rapport à un témoin minéral, grâce à l'application de différents types de lombricompost (fabriqués à partir de déchets de papier recyclé ou de déchets alimentaires à 5-10 T/ha - MS). (https://www.afaia.fr/wp-content/uploads/2017/05/fertilisants-organiques-un-impact-positif-sur-le-rendement-et-la-qualit-des-productions.pdf)

Traduit en valeur (selon 2 hypothèses de prix 1,50 à 3,00 €/kg – données récolte 2012), et rapporté aux densités usuelles de culture en France 2, l'apport des composts montre un gain de 3 600 à 12 000 €/ha, en comparaison avec l'apport minéral.(https://www.afaia.fr/wp-content/uploads/2017/05/fertilisants-organiques-un-impact-positif-sur-le-rendement-et-la-qualit-des-productions.pdf)



T :Tons / ha :hectare / Kg :kilo gramme

Figure I.9 : représentant le rendement de fraise (kg /plante) par apport des différents types d`irrigation. (https://www.afaia.fr/wp-content/uploads/2017/05/fertilisants-organiques-un-impact-positif-sur-le-rendement-et-la-qualit-des-productions.pdf)

Chapitre II : Données bibliographiques sur les principaux bioagressurs végétaux

Chapitre II : Données bibliographiques sur les principaux bioagressurs végétaux

II.1. Les nématodes à galle du genre Meloidogyne

II.1.1. Généralité sur les nématodes à galle

Les nématodes, ces vers microscopiques peuplant les sols du monde entier, jouent un rôle crucial dans les écosystèmes terrestres, contribuant à la décomposition des matières organiques, à la minéralisation des éléments nutritifs et au transfert d'énergie (**Freckman, 1988**). Colonisant tous les milieux, ils adoptent des modes de vie variés, tantôt parasites, tantôt libres (**Coyne et al., 2010**). Parmi les nématodes parasites, les nématodes phytophages se distinguent comme des bioagresseurs majeurs des cultures à l'échelle mondiale (**Martiny et al., 2009**).

Capables de coloniser tous les types de sols et de parasiter une large gamme de plantes, ces nématodes représentent une menace importante pour la sécurité alimentaire (**Martiny et al., 2009**). Parmi eux, les nématodes à galles des racines, du genre *Meloidogyne* spp., se distinguent par leur polyphagie et leur capacité à s'attaquer à de nombreuses plantes d'importance économique (**Anonyme, SDannée**). Ces parasites provoquent la formation de renflements caractéristiques, ou galles, sur les racines des plantes qu'ils parasitent, pouvant envahir tout le système radiculaire en cas d'infestation sévère (**de Guiran et Netscher, 1970**). L'impact économique mondial des nématodes du genre Meloidogyne est évalué à 60% des pertes de récolte (**Martiny et al., 2009**).

Ce genre de nématodes est capable de se développer aux dépens d'un grand nombre de plantes. Des études ont recensé 54 plantes hôtes, dont 30 sont des plantes spontanées (**Sellami et al., 1999**). Parmi les plantes cultivées, diverses familles peuvent être infestées, telles que les cucurbitacées (**Mokabli, 1988**), les solanacées (**Nebih Hadj-Sadok, 2000**), les légumineuses (**Mokabli, 1988**), les crucifères, les composées, les ombellifères et les chénopodiacées (**Sellami et al., 1999**).

II.1.2. Classification des nématodes à galle

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

Super règne :	*Animalia*
Règne :	*Bilatéralia*
Super Phylum:	*Pseudocoelia*
Mid phylum:	*Nemathelminthes*
Phylum :	*Nematoda*
Classe :	*Secernentea*
Sous-classe :	*Diplogasteria*
Ordre :	*Tylenchida*
Sous-ordre :	*Tylenchina*
Superfamille :	*Tylenchoidea*
Famille :	*Heteroderidae*
Sous-famille :	*Meloidogyninae*
Genre :	*Meloidogyne Goldi, 1892*

II.1.3. Morphologie des nématodes à galle

Les *Meloidogyne* sont des phytoparasites vivants à l'intérieur des racines de la plante hôte ; ils sont caractérisés par un dimorphisme sexuel très prononcé. Ce sont des vers microscopiques de forme cylindrique et allongée à symétrie bilatérale dont le corps est enfermé d'une cuticule assez résistante (Raynal et *al*., 1989).

La tête comprend une bouche à l'intérieur de laquelle peut se mouvoir un stylet d'une longueur de 16µm qui perce les tissus végétaux et permet au nématode de se nourrir. Ce stylet est suivi d'un canal œsophagien aboutissant à un bulbe musculeux puissant permettant sa projection vers l'avant (Cayrol et *al*., 1993).

Au stade adulte, la femelle avec un cou distinct possède un corps mou de couleur blanchâtre et piriforme d'environ 0,5 mm de diamètre et 0,8 mm de longueur, elle est sédentaire et fixée au système racinaire de l'hôte (Ritter, 1971).

Les mâles sont mobiles et généralement rares, ils sont filiformes de longueur allant de 1 à 3µm, la tête est arrondie munie d'un stylet court et puissant avec des renflements basaux très marqués. Leur action est secondaire sur l'hôte (Taylor, 1968 ; Hooper et Evans 1993). La larve du deuxième stade libre dans le sol constitue le stade infestant, elle est vermiforme à extrémité postérieure effilée, sa longueur varie de 300 à 500 µ tandis que la largeur est de 10 µ

environ. Le stylet fin est composé de renflements basaux et possède un bulbe médian bien développé (Taylor, 1968 ; Whitehead, 1998).

Les œufs en forme d'haricot mesurent 90 µm de longueur et 40 µm de largeur (Orton, 1973).

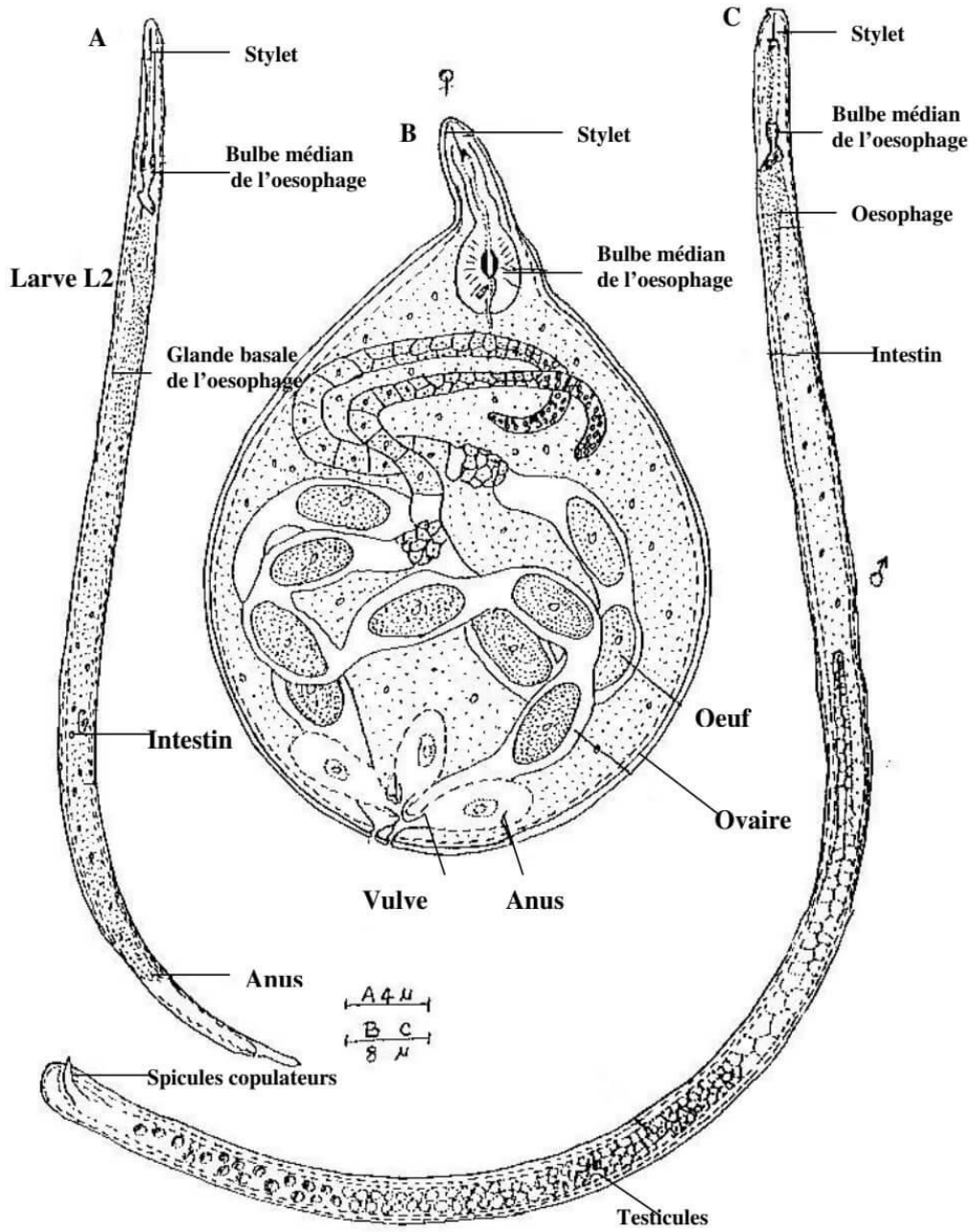


Figure II.1 : Morphologie des *Meloidogyne sp.* (Guiran et Netscher, 1970)

II.1.4. Cycle de vie des nématodes à galle

À l'éclosion, la larve (L2) se déplace dans le film d'eau recouvrant les particules de terre et se dirige vers les jeunes racines. À l'aide de son stylet, elle perce la paroi des cellules pour pénétrer dans la racine et atteindre les vaisseaux conducteurs. Cela induit la formation de cellules géantes nécessaires à sa croissance, créant ainsi une galle caractéristique qui l'enveloppe complètement et obstrue les vaisseaux conducteurs de sève.

Après plusieurs mues, la larve se transforme en mâle ou femelle. Le mâle est libéré à l'extérieur de la racine, tandis que la femelle immobile reste dans les tissus et pond 1000 à 2000 œufs, entourés d'une gangue gélatineuse qui les maintient rassemblés. Ces masses d'œufs deviennent visibles à la surface des jeunes racines (Lebrun, 1998 in Sabri 2008)

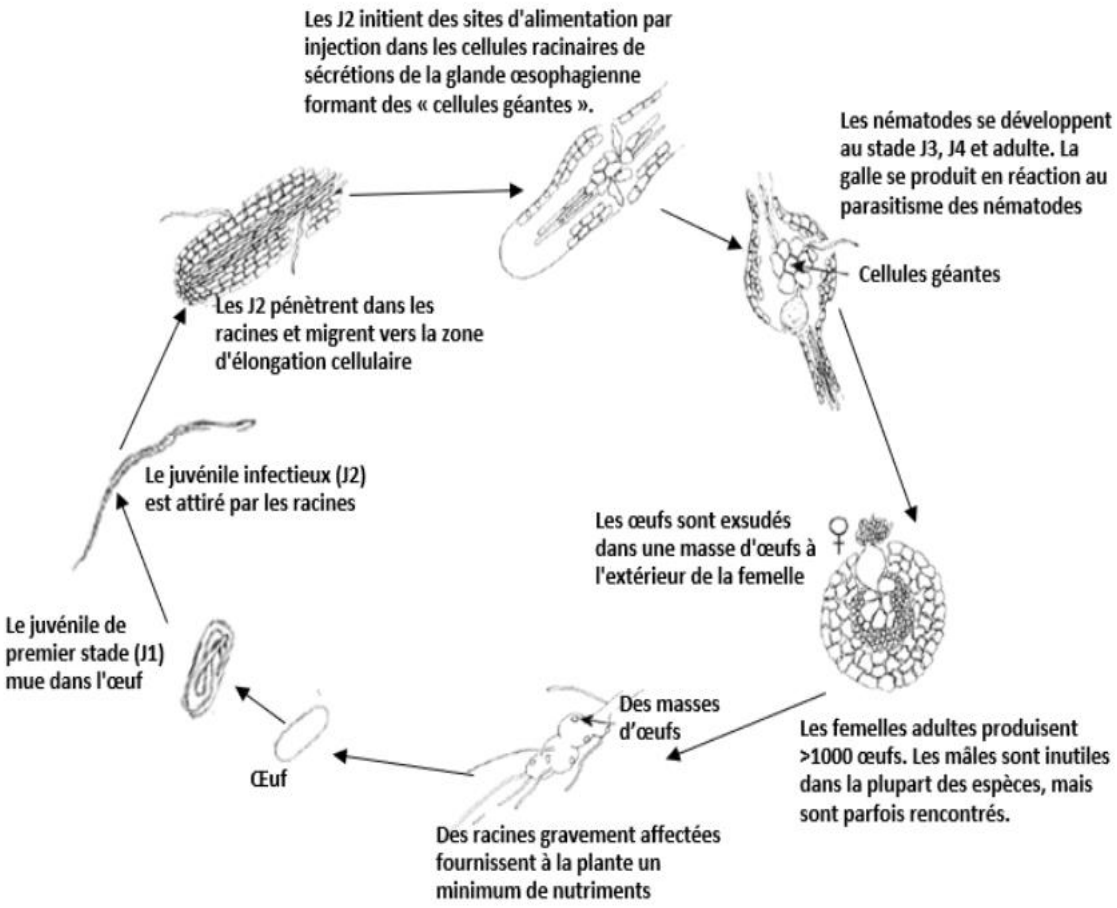


Figure II.2 : Cycle de vie des nématodes à galles (*Meloidogyne sp*. Mitowski and Abawi 2011 *in* SV, 2021)

II.1.5. Symptôme est dégâts des nématodes à galle

Les cultures maraîchères sont attaquées par un grand nombre de nématodes, mais les nématodes à galles du genre *Meloïdogyne* sont probablement les plus graves ennemis des maraîchers sous toutes les latitudes. Ils s'attaquent à la plupart des légumes avec une certaine prédilection pour les cucurbitacées (melons, concombres ...), les solanées (tomates, aubergines, poivrons ...) et les composées (laitues, chicorées) (Bertrand *et al.,* 2001).

Le symptôme primaire des *Meloidogyne* est la présence de galles sur les racines (Figure II.3). Le nombre et la taille de ces galles dépend du taux d'infestation et de l'âge de la plante. Dans le cas d'une faible infestation les galles sont petites sur les jeunes racines. Alors que sur des plants plus âgés poussant dans un sol très infesté, généralement tous le système radiculaire est atteint et les galles sont volumineuses (de Guiran, 1970). Ces derniers perturbent l'assimilation des nutriments par les racines (Bertrand, 2001).



Figure II.3 : symptômes des nématodes à galle *(Meloidogyne sp*.) sur les racines de la plante de tomate (Scot Nelson, 2017)

II.1.6. 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).

II.1.6.1. Les micro-organismes

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

Certaines bactéries sont utilisées pour leurs substances toxiques comme *Streptomyces avermitilis* qui produit l'avermectine qui est une toxine très efficace contre différentes espèces de nématode (Duval, 1991). 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).

II.1.6.2. Les plante nématicides

Plus de 200 espèces de plantes sont signalées pour leurs propriétés nématicides (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*).

II.1.6.3. Utilisation de compost

Récemment, de nombreuses études se sont penchées sur l'utilisation de la matière organique compostée pour la protection biologique des plantes contre les nématodes. Des travaux ont en effet démontré que l'ajout de compost au sol permet de réduire significativement les populations de nématodes, les maintenant sous un seuil économiquement acceptable. Ces résultats encourageants ont poussé les chercheurs à explorer d'autres formes de composts pour la lutte biologique.

Ainsi, l'efficacité des extraits aqueux de compost, aussi appelés "jus de compost" (compost teas), a commencé à être étudiée et démontrée dans la protection des plantes contre divers champignons pathogènes. Cependant, l'effet de ces extraits de compost sur les populations de nématodes n'a pas encore été bien documenté. Il s'agit donc d'un axe de recherche prometteur à explorer davantage (Kereni et al., 2007)

En plus du compost classique, l'utilisation de la matière organique transformée par le lombricompostage s'est également orientée vers la protection des cultures. Le lombricompostage permet en effet de transformer les matières organiques en un humus riche en nutriments et en micro-organismes bénéfiques.

Les recherches ont montré que l'application de vermicomposts (issus du lombricompostage) permet de réduire significativement les populations de certains arthropodes ravageurs comme les pucerons. Ces vermicomposts ont également démontré leur efficacité pour diminuer les dommages causés par des agents pathogènes.

Cependant, l'effet des vermicomposts sur les populations de nématodes n'a pas encore été bien documenté dans la littérature scientifique. En revanche, de nombreux travaux ont mis en évidence les vertus des vermicomposts pour la biostimulation et la stimulation de la croissance des cultures.

Ainsi, en complément du compost classique, le lombricompost apparaît comme une piste intéressante pour la lutte biologique contre les ravageurs, bien que son impact spécifique sur les nématodes reste à approfondir (Safiddine et *al*., 2019).

II.2. Les Champignons

II.2. Généralités sur les champignons

II.2.1. Définition

Les champignons sont des organismes eucaryotes ne constituent pas une entité monophylétique mais forment au contraire un groupe très hétérogène dont la caractéristique essentielle commune est la nutrition hétérotrophe par absorption, celle-ci pouvant prendre la forme du saprophytisme, du parasitisme ou de la symbiose. (Nasraoui, 2006).

a) Les champignons symbiotiques Il s'agit des champignons mycorhiziens, qui aboutissent des interactions à bénéfices avec les racines des plantes (Vander et *al.,* 1998).

b) Les champignons phytopathogènes : Ils établissent des interactions antagonistes avec les plantes (Vander, 2003).

c) Les champignons saprophytes (libres) : Ils participent notamment aux processus de décomposition des matières organiques, d'immobilisation des éléments minéraux et établissent des interactions neutres avec la plante. (Klein et Paschke, 2004)

II.2.2. Systèmes de classification et d'identification des champignons

Cette identification a pendant longtemps été exclusivement basée sur l'observation des caractères culturaux et morphologiques de l'espèce, en effet, toutes les espèces n'ayant pas les mêmes caractères physiologiques ni les mêmes exigences, les progrès récents de la biologie moléculaire ont permis de proposer des outils d'aide à l'identification. (Abdel Massih, 2007).

Toutefois, la complexité du règne fongique fait, qu'à l'heure actuelle, ces outils ne peuvent pas encore remplacer complètement l'examen morphologique qui reste la base de l'identification. **(**Tabuc, 2007).

II.2.2.1. Identification morphologique

L'identification des genres fongiques repose sur des critères morphologiques :

– ***aspect macroscopique*** du mycélium (aspect, couleur, le relief, la taille et odeur des colonies, ainsi les structures de fructification).

– ***aspect microscopique*** des structures reproductrices (le thalle, les spores, aspect des spores, modes de formation des conidies, mode de groupement des conidies, mode d'implantation des cellules conidiogènes, présence de structures protectrices issues de la reproduction asexuée ou sexuée, présence des chlamydospores).

II.2.2.2. Identification génétique

Les méthodes les plus intéressantes sont basées sur l'amplification par PCR (Polymerase Chain Reaction) de certaines régions spécifiques comme le gène codant pour la sous-unité 28S ribosomale (région D1-D2) et des régions ITS1 et ITS2 (Hinrikson *et al*., 2005).

L'identification moléculaire d'espèces fongiques est, à l'heure actuelle, surtout appliquée en mycologie médicale, particulièrement les infections fongiques chez les immunodéficients (Aguire, *et al.,* 2004).

Cette méthode est aussi utilisée pour différencier et identifier les moisissures responsables de l'altération des aliments, principalement les espèces de *Penicillium* (Boysen *et al*., 2000 ; Hageskal *et al.*, 2006), par contre pour les *Fusarium*, les méthodes moléculaires existantes donnent des résultats fréquemment peu concluants et l'examen morphologique classique semble encore une méthode indispensable à l'identification des espèces appartenant à ce genre fongique (Healy *et al*., 2005).

II.2.2.3. Classification basées sur des critères morphologiques

La classification des champignons s'est d'abord fondée sur les caractéristiques morphologiques du thalle et les organes de reproduction sexuée. Des niveaux taxonomiques intraspécifiques, essentiels pour le phytopathologiste ne peuvent être identifiés sur base de critères morphologiques. Ces niveaux sont les formes spécialisées (*forma specialis*) qui montrent une spécificité parasitaire vis-à-vis d'une espèce hôte particulière tandis que les races (ou biotypes) s'attaquent spécialement à certains cultivars de l'espèce-hôte, à l'exclusion des autres. (Lepoivre, 2003).

II.2.2.4. Classifications moléculaires

Les techniques moléculaires ciblant les séquences d'acides nucléiques connaissent un essor important au niveau intraspécifique. Elles permettent de résoudre des problèmes d'identification insolubles par des critères morphologiques. A cet égard, les gènes qui codent pour les ARN ribosomiques présentent un intérêt particulièrement important. Ils sont réunis au sein d'un opéron contenant des régions très conservées (régions codantes correspondant aux molécules 5,8S, 17S et 25S), des régions à faible variabilité (les régions intercalaires ITS) et des régions très variables situées entre les opérons entre les opérons (régions IGS). Les séquences ITS sont largement utilisées pour les comparaisons entre espèces fongiques. (Lepoivre, 2003).

II.2.3. Les champignons telluriques phytopathogènes

Les maladies dites fongiques (causées par les champignons) sont les plus fréquentes, une infection fongique est souvent causée par des spores qui y ont germé puis ont pénétré les tissus de la plante par le biais des stomates, des blessures ou parfois même directement à travers la peau de la plante. Les filaments mycéliens se développent dans les tissus, en tirent les éléments nutritifs et ils y exsudent des substances toxiques pour la plante (Naika *et al*., 2005).

Les champignons telluriques phytopathogènes (fungi ou mycètes) constituent un groupe d'organismes microscopiques hétérotrophes Ubiquistes, présentant des structures et des caractéristiques biologiques extrêmement diversifiées. Kirk *et al* ., 2001). Plusieurs genres de champignons telluriques sont capables d'infecter les racines de plantes sauvages et cultivées et de causer des dégâts importants. Il s'agit notamment des *Aspergillus,* les *Penicillium* et les *Fusarium, Rhizoctonia, Alternaria, Pythium, verticilium…* L'ensemble de ces microorganismes provoquent des maladies sur diverses cultures maraîchères, céréales, plantes, (Agrios, 2005).

Les fontes de semis sont un ensemble de maladies qui sont largement répandues à travers le monde. On les rencontre dans les forêts, les champs et les serres. La gamme d'hôte est également très large. La maladie affecte les plantes de toute catégorie d'âge confondue. Cependant, les grands dommages sont observés au niveau des plantules et des graines en germination.

Selon Perrin, 1988, la fonte des semis constitue un événement cryptogamique universellement connu. L'attaque correspond à une altération des tissus du collet de la plantule accompagnée d'un rétrécissement en diamètre. La plantule s'affaisse comme cisaillée à la base, puis flétrit. En pleine terre la maladie évolue de proche en proche formant des taches de mortalités caractéristiques de la fonte des semis.

Cette dernière est généralement causée par des pseudo-champignons du genre *Pythium* (famille des Pythiaceae) qui vivent en saprophytes dans le sol mais qui se comportent en parasites de semis ou de jeunes plantules lorsque les conditions sont défavorables (substrats humides et froids). Certains champignons tels *Phytophtora, Rhizoctonia et Fusarium* causent des symptômes similaires à ceux engendrés par *Pythium. C*'est champignons peuvent causer aussi des maladies de type pourriture de fruits poussant à la surface du sol ou qui y arrivent accidentellement (Lepoire, 2003).

II.2.4. Les principaux genres de champignons telluriques phytopathogènes

II.2.4.1. Le genre *Fusarium*

Décrit par Link en 1809 **(**Booth, 1984**)**, le genre Fusarium est bien connu pour son rôle important en phytopathologie. Ce genre inclue des champignons imparfaits appartenant à la classe des Deutéromycètes. Les formes parfaites ou téléomorphes de quelques espèces de Fusarium sont connues, et appartiennent à la classe des Ascomycètes (ordre des Hyphocreales, famille des Nectriaceae, genres Gibberella, Calonectria et Nectria). Le genre comprend près de 40 espèces souvent largement répandues (Nelson et *al.,* 1983).

Sur le plan économique le genre Fusarium est très important parce qu'il regroupe beaucoup d'espèces phytopathogènes, susceptibles d'induire des maladies (fusarioses) chez de nombreuses plantes. Il est concéderai parmi les champignons telluriques les plus agressifs, causant des flétrissements et des pourritures sur de nombreuses espèces végétales cultivées, (Benhamou *et al.*, 1997).

En outre, beaucoup d'espèces saprophytes sont capables de se développer en tant que pathogènes secondaires sur des tissus végétaux sénescents. Les espèces du genre Fusarium peuvent ainsi attaquer les céréales (maïs, blé, orge, avoine), des légumes, les plantes ornementales et beaucoup d'arbres fruitiers. La majorité des espèces de *Fusarium* sont susceptibles de produire des mycotoxines et sont ainsi impliquées dans des intoxications chez les animaux d'élevage. (Tabuc, 2007).

Les principales espèces de Fusarium, compte tenu de leur fréquence dans les différents substrats, notamment les céréales, de leur potentiel toxinogène et de leur pouvoir pathogène, sont : *F. culmorum, F. graminearum*, *F. oxysporum* et *F. verticilloides* (*F. moniliforme*). (Tabuc, 2007). *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* sont les agents pathogènes de la maladie des pourritures racinaires qui se manifeste aussi bien sur blé dur et tendre que sur l'orge. Cette maladie apparaît particulièrement dans les zones semi-arides et durant les années à faible pluviométrie. (Ezzahiri, 2008). Chez le pois ce type de maladie peut aussi être occasionné par *F. oxysporum f.sp. solani*. (Haglund et Kraft, 2001).

Le flétrissement vasculaire est la maladie qui provoque les plus grandes pertes pour de nombreuses plantes cultivées, telles que les légumes, et des cultures tropicales elle est aussi provoquée par *F. oxysporum* (Agrios, 2005).



Figure II.4. : Les symptômes de la pourriture racinaire de la plante de tomate (*Fusarium* crown and root rot), (a) Chancre brun en forme de flamme se développant sur un seul côté du collet et de la tige, (b)Système racinaire réduit, brun et pourri, vaisseaux brun chocolat dans les parties basses de la tige, (c)Brunissement des racines, de leur cylindre central et des vaisseaux situés au niveau du pivot et du collet malades **(Blancard, 2013).**



Figure II.5. Aspect microscopique de *Fusarium oxysporum sp* **(Abdelkader, 2012)**

II.2.4.2. *Aspergillus sp*

Les Aspergillus sont fréquents dans la nature. Ils vivent en saprophytes dans le sol Mais aussi à sa surface et sur les végétaux. A la faveur de courants d'air, les spores d'Aspergillus sont véhiculées et peuvent se déposer sur des substrats divers. On peut isoler des Aspergillus à l'extérieur dans l'atmosphère, mais aussi à l'intérieur des habitations, sur les vêtements **(Vaubourdolle, 2007).** Les champignons du genre Aspergillus ont été décrits pour la première fois en 1729. Ce sont des champignons saprophytes, c'est-à-dire qui tirent leur nourriture de substances organiques en décomposition. Ce sont des moisissures à filaments hyalins, cloisonnés, et ils Sont haploïdes. Le genre *Aspergillus* comprend aujourd'hui 185 espèces, dont une vingtaine est retrouvée en pathologie humaine **(Badillet *et al*., 1987).** Les Aspergillus sont ubiquistes, et en région tempérée plus particulièrement à la fin de l'été, en automne et en hiver. Ces champignons ont un métabolisme aérobie. De plus ils participent au recyclage du carbone et de l'azote de l'environnement. Ils sont thermophiles (certaines espèces peuvent survivre à des températures (certaines espèces peuvent de 70°C) et ne requièrent pas de nutriments spécifiques **(Quatresous, 2011).**

De nombreux Aspergillus noirs ont été isolés du monde entier. *A. niger* est un champignon filamenteux (figure 8) qui se développe en aérobiose sur la matière organique. Dans la nature, on le trouve dans le sol et de la litière, dans le compost et le matériel végétal en décomposition (figure 7). *A. niger* est capable de croître dans une température de 6 - 47°C avec une température relativement élevée avec un optimum de 35 à 37°C. La limite d'activité de l'eau (Water activity : WA) pour la croissance est 0,88 est relativement élevée comparativement aux autres espèces, *A. niger*, peut pousser sur une très large gamme de pH : 1,4 - 9,8. Ces capacités et l'abondante production de conidies, qui sont distribués par l'intermédiaire de l'air, garantissent l'occurrence omniprésente de l'espèce, avec une fréquence plus élevée aux lieux chauds et humides **(Schuster *et al*., 2002).**



Figure. II.6: Symptômes de la pourriture des grains de maïs causée par (*Aspergillus Niger*) **(Photo : Iowa State University)**

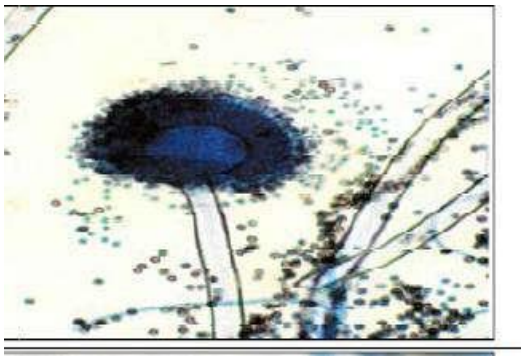


Figure. II.7 : Aspect microscopique d'*Aspergillus niger* (G X40) **(Malloch, 1997 ; Chabasse *et al*., 2002)**

Matériels et méthodes

III.1. Objectif

Notre étude vise à évaluer in vitro l'activité nématicide et fongicide du thé et de l'extrait de vermicompost vis-à-vis du nématode à galles *Meloidogyne* ainsi que des champignons phytopathogènes des genres *Aspergillus* et *Penicillium*.

III.2. Préparation des biotraitements

La partie expérimentale a été menée au sein des laboratoires du Département de SNV, Faculté des sciences, Université Dr Yahia Farés de Médéa.

Dans le cadre de ce travail, l'activité nématicide et fongicide de deux biotraitements à base de lombricompost a raison de l'extraits et de thé de lombricompost été évaluée

III.2.1. Préparation des extraits de lombricompost

Le protocole de préparations est inspiré de travaux antérieurs (Kerkeni1 et *al*., 2007) Il s'agit de mélanger une quantité déterminée du lombricomposts avec de l'eau, dans une proportion 1 : 5 et de laisser les mélanges incuber pendant cinq jours (période d'extraction) à l'air libre, pendant cette période, ils sont agités manuellement pendant quelques minutes (5 à 10 minutes) chaque jour pour favoriser l'extraction des composés solubles. A la fin de la période d'extraction, les différents mélanges ont été filtrés avec un papier filtre et ont été conservés au réfrigérateur à une température de 4 °C jusqu'à moment de leur utilisation.

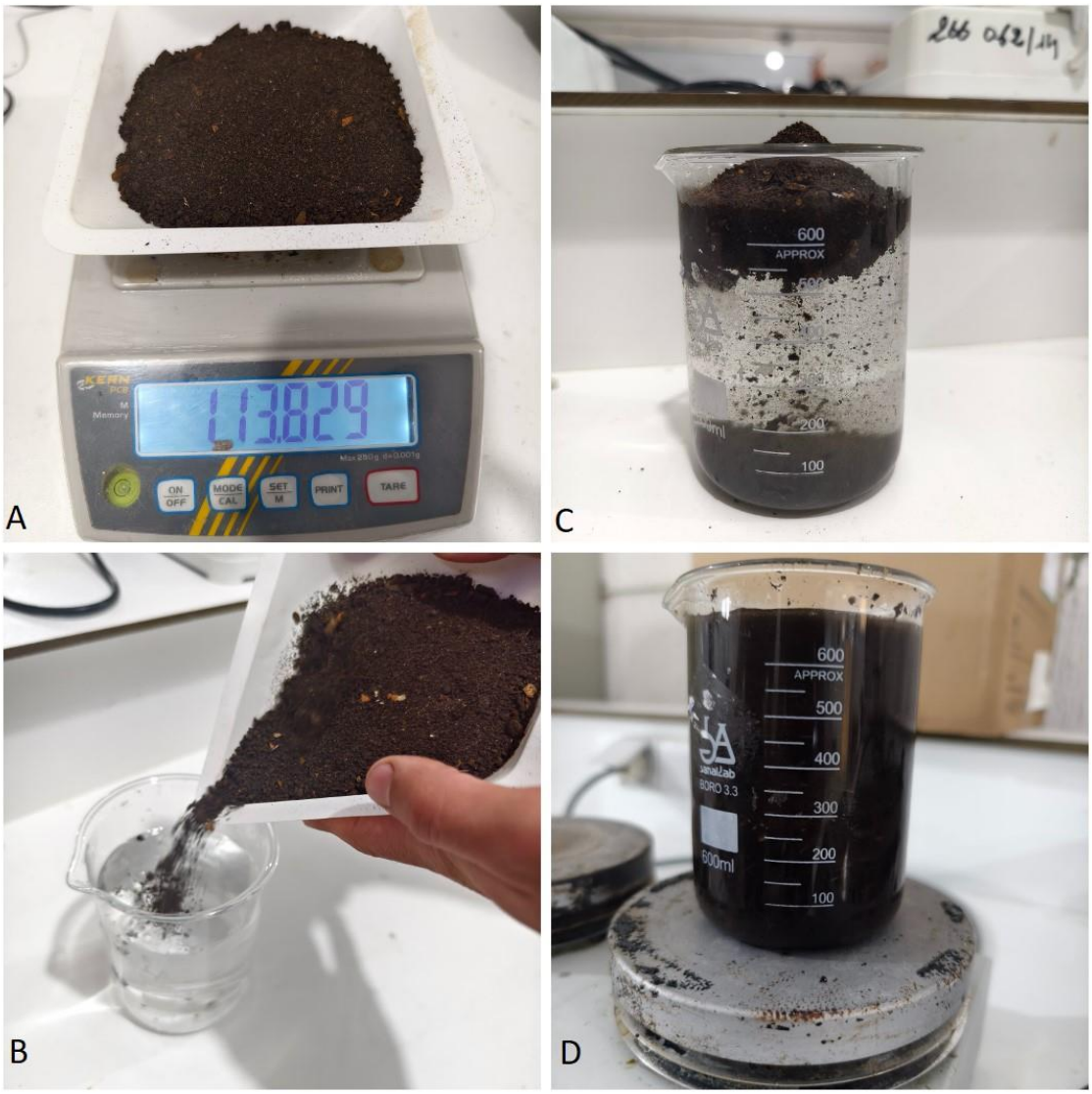


Figure III.1 : Protocole de préparation de l'extrait de lombricompost. A : la mesure de vermicompost utilisé, B : mixer le vermicompost avec l`eau distillué, C : prendre quelque minute pour bien millanger, D : agitation puis filtration de se melange (Originale, 2024)

III.2.1. Préparation de thé de lombricompost

Le thé de vermicompost, est la solution obtenue après macération de 100 grammes de vermicompost solide dans 1 litre d'eau. Le produit final sera prêt à l'utilisation qu'après 24 heures. (Safiddine et *al*., 2019).

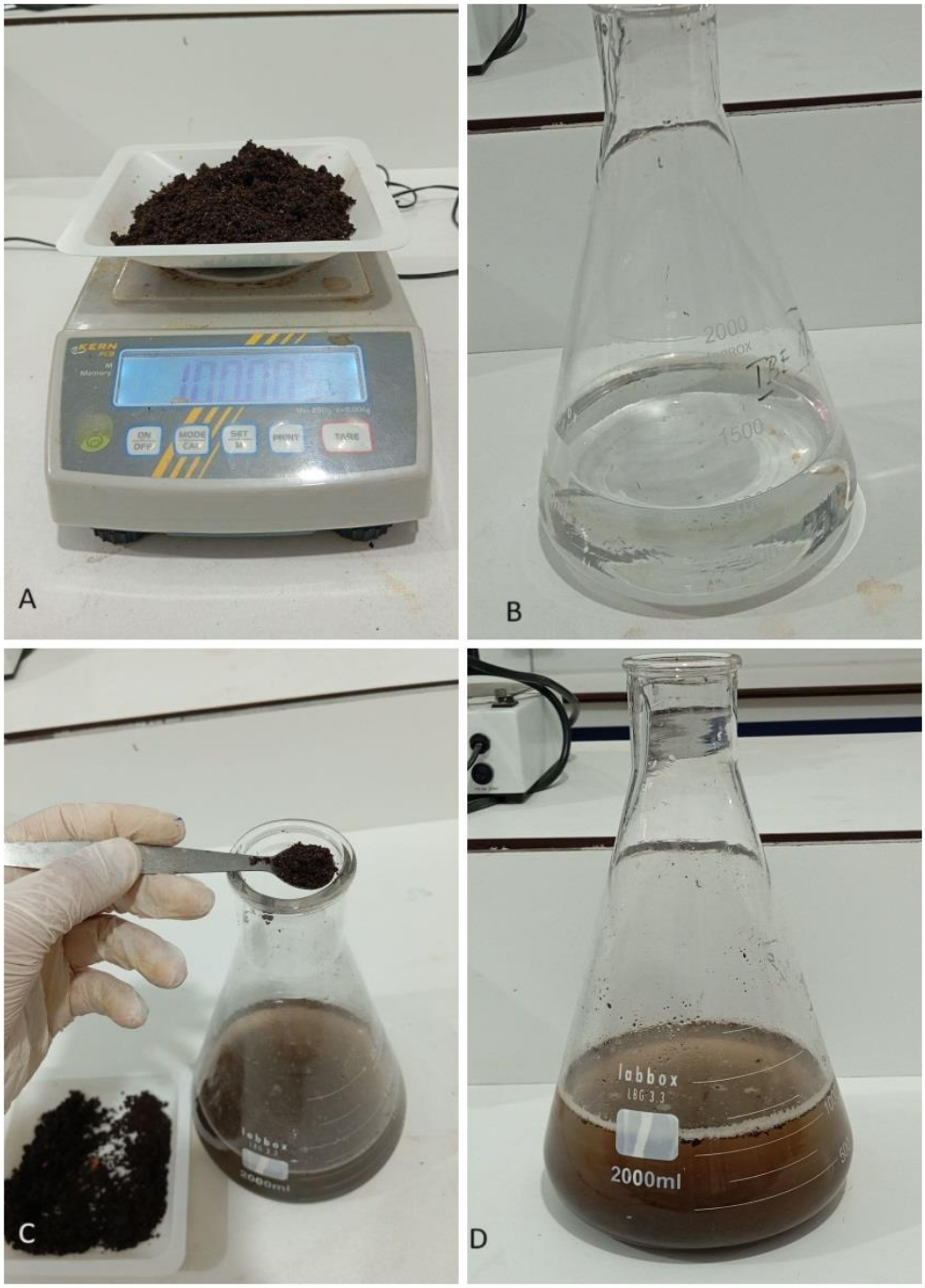


Figure III.2 : Protocole de préparation de thé de lombricompost.

A : la mesure de vermicompost utilisé, B : 1 Litre l`eau distillué, C : mixer le vermicompost avec quelque minute pour bien millanger avec une agitation D : filtration de se melange avec papier filtre. (Originale, 2024)

III.2.3. Préparation des doses

Pour évaluer le pouvoir nématicide et nématostatique de thé et extrait de lombricompost, cinq doses sont préparées par dissolution dans l'eau distillée à savoir 100%, 50%, 25%,10% et 5%.

- Dose 1 : Extrait pur ;
- Dose 2 : 50% de D1+ 50% d'eau distillée ;
- Dose 3 : 25% de D1+75% d'eau distillée ;
- Dose 4 : 10% de D1+90% d'eau distillée ;
- Dose 5 : 5 % de D1+95% d'eau distillée.

III.3. Obtention des agents antagoniste

III.3.1. Obtention des larves L2 de *Meloidogyne*

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

Les racines ramenées au laboratoire sont lavées à l'eau courante puis mises dans une boite de Pétri en verre en vue d'extraire les masses d'œufs. Cette opération s'est déroulée sous une loupe binoculaire au grossissement (x20) ou (x40), par la méthode de forceps en utilisant deux aiguilles entomologiques (figure 20)

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

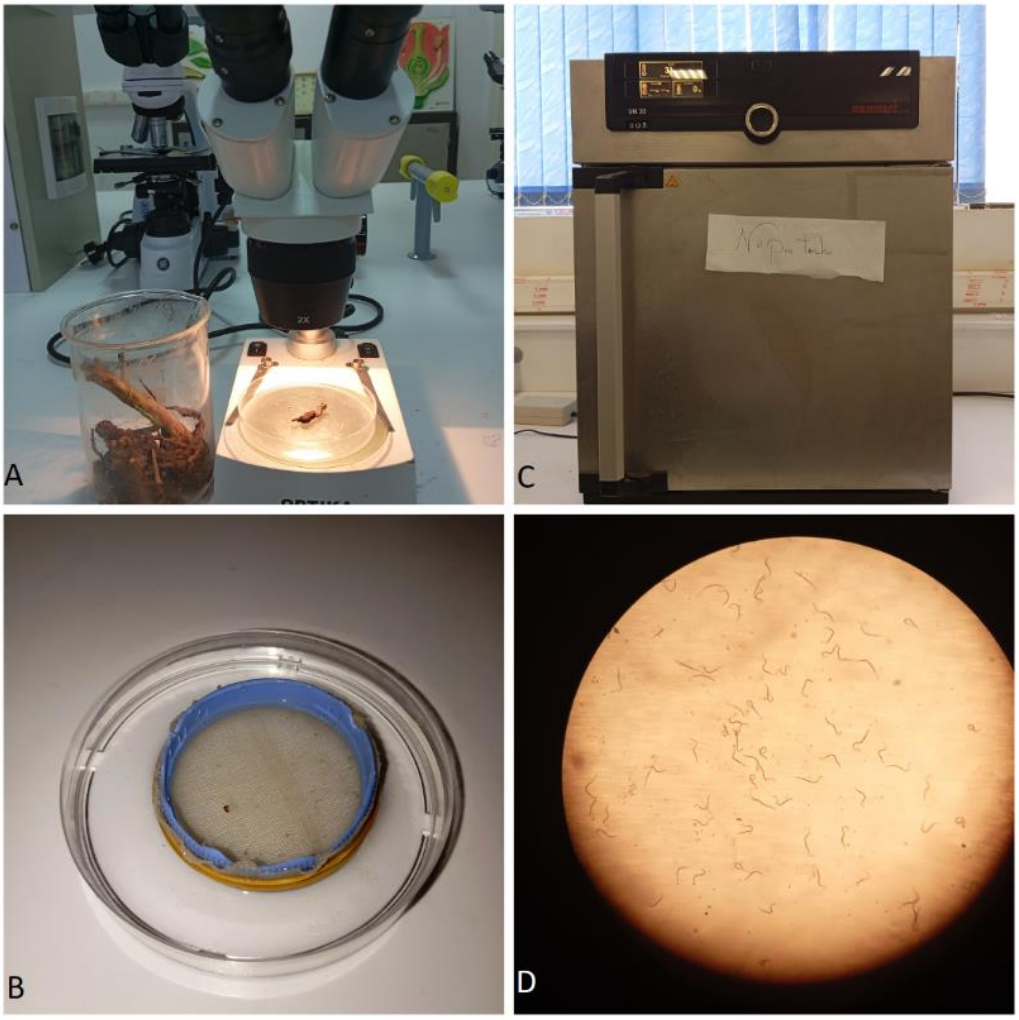


Figure III.3 : L'obtention des larves (L2) de *Meloidogyne* (Original, 2024)

A : extraction des masses d'œufs sous une loupe binoculaire **B :** masses d'œufs dans un petit tamis

C : des tamis dans une étuve **D :** des larves de Meloidogyne

III.3.2. Obtention des Isolats fongiques phytopathogènes

Pour notre expérimentation, nous avons utilisé deux espèces de moisissures parmi celle les plus fréquemment rencontré en terme de culture maraichère :*Aspergillus sp et Penicillium notatum*, nous avons adopté la méthode de la suspension-dilution **(**Davet and Rouxel, 1997).

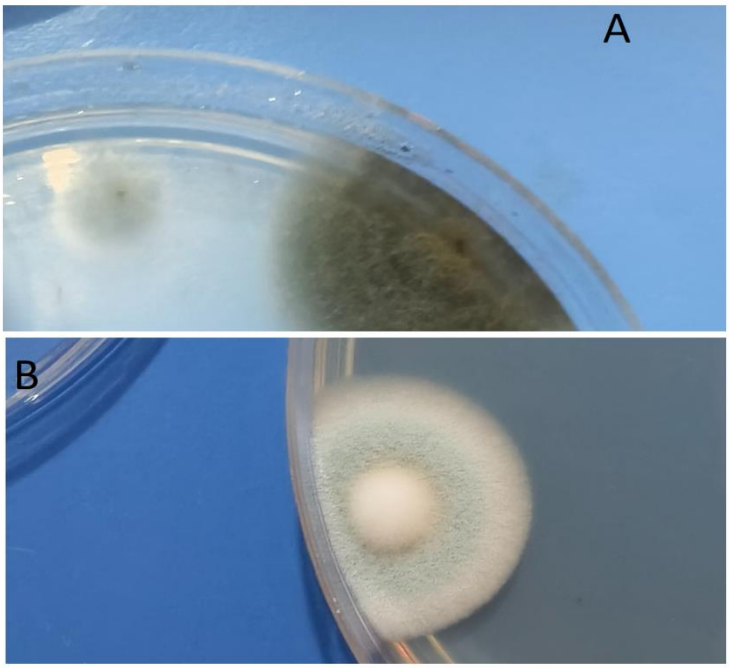


Figure III.4 : Les moisissures. A:L'*Aspergilus* B : le *Peniciluim*. (Originale, 2024)

III.3.2.1. Identification microscopique

L'identification microscopique est basée principalement sur les clefs Burgess et al. (1994) et les critères morphologiques établis par Toussoun et Nelson (1976) qui sont :

-L'aspect et la coloration du mycélium sur milieu PDA

-La taille et la forme des macroconidies (cellule apicale et basale)

-La présence ou l'absence des micro-conidies

L'identification des champignons a été réalisée au laboratoire d'Agroécologie de la Faculté des Sciences de l'Université Yahia Farès à Médéa. Les analyses ont permis d'identifier avec précision les espèces *Aspergillus sp*. et *Penicillium notatum*.

III.3.2.2. Activités antagonistes in situ

Nos Essais d'expérimentation ont été réalisés in situ, L'ensemencement a été fait selon la technique de stries. Après incubation pendant - la culture est repiquée plusieurs fois jusqu' l'obtention des aspects culturaux purs et spécifiques d'une moisissure étudiée. La culture ainsi purifiée, est stockée à 4 °C **(Bauman, 2004)**

III.3.2.3. Préparation des inoculum et le milieu de culture

Afin de préparer la suspension fongique, les moisissures ont été cultivée pendant sept jours sur milieu *Potatos Dextros Agar* (PDA). Lors de la reconstitution du milieu, les composants sont bien mélangés au volume d'eau distillée préconisé, homogénéisée, puis dissoute après chauffage par agitation. Après refroidissement à 50-60°C, le milieu est distribué dans d'autres récipients (tubes à essais ou flacons) en vue d'être stérilisé.

La stérilisation se fait par autoclavage. Le temps et la température de stérilisation est de 15-20 minutes à 120°C.

Le milieu est ensuite laissé à refroidir jusqu'à 50°C dans l'autoclave (ne pas le sortir avant car la différence de températures provoquerait une dépression). Ils peuvent ensuite être distribués en boite de pétri.

Tableau III.1. : Composition du milieu *Potatos Dextros* Agar (PDA)

Composants	**Quantité**
Agar	15 g
Sucrose	10g
Pomme de terre	200 g
Eau distillée	1000 ml
Utilisation	Pour la cultivation des levures et les champignons filamenteux

Le coulage du milieu se fait près du bec Bunsen à un rayon de 10cm de celui-ci, à l'intérieur de la hotte.

Le milieu ne sera coulé qu'une fois sa température baisse à environ 40°c (ni trop chaud, ni trop froid au toucher).

Le coulage se fait en ouvrant légèrement les boites de Pétri et en laissant couler une petite quantité du milieu couvrant la surface de la boite. Celle-ci doit être refermée aussitôt pour éviter toute contamination. On étale le milieu en remuant horizontalement les boites.

III.3.2.4. Mode opératoire

A partir d'une jeune culture de 48h pour les levures, nous réalisons des suspensions troubles, en prélevant 5 colonies bien identique et isolée à l'aide d'une anse stérile, cette dernière déchargée

dans 10ml d'eau physiologique stérile puis nous agitons au vortex, (ce travail est effectué sous une haute chimique). La concentration optimale des suspensions est de 10^6 à10^7 germe/ml.

III.3.2.5. Ensemencement

L'ensemencement se fait toujours dans la zone stérile du bec Bunsen. On prélève 0,5 à 1ml de chaque suspension dilution pour chaque échantillon avec une pipete stérile et on les déverse dans une boite de pétri préparée à cet effet. On étale à l'étaloir jusqu'à homogénéisation de la suspension sur la surface de milieu de culture.

Sur les boites ensemencées on indique le numéro de l'échantillon, la dilution ainsi la date d'ensemencement. On a réalisé deux répétitions pour chaque dilution.

III.3.2.6. L'incubation

Les boites ensemencées sont portées à l'incubation à l'étuve à une température de 26°c à 27°c pendant 3à 7 jours jusqu'à apparition d'un bon développement des champignons.

III.3.2. 7. Le repiquage

Après un bon développement des colonies, on effectue des repiquages de chaque colonie pour purifier les champignons et minimiser les risques de contamination, jusqu'à arriver à isoler sur chaque boite de Pétri une seule colonie d'un champignon donné.

Le repiquage se fait par prélèvement d'un fragment de colonie à l'aide d'une anse stérilisée tout en évitant son contact avec les autres colonies avoisinantes de la même boite. Ce fragment est déposé au centre d'une nouvelle boite sur laquelle on indique la date de repiquage et les coordonnées de la boite de prélèvement. Le repiquage se fait aseptiquement près du bec Bunsen.

III.3.2.8. L'identification

La détermination systématique d'une souche est basée sur deux types d'observation : macroscopiques et microscopiques.

III.3.2.9. L'observation macroscopique

On s'intéresse à l'aspect, la forme, la couleur et la vitesse de croissance des colonies. Ces observations se font à l'œil nu et à la loupe binoculaire.

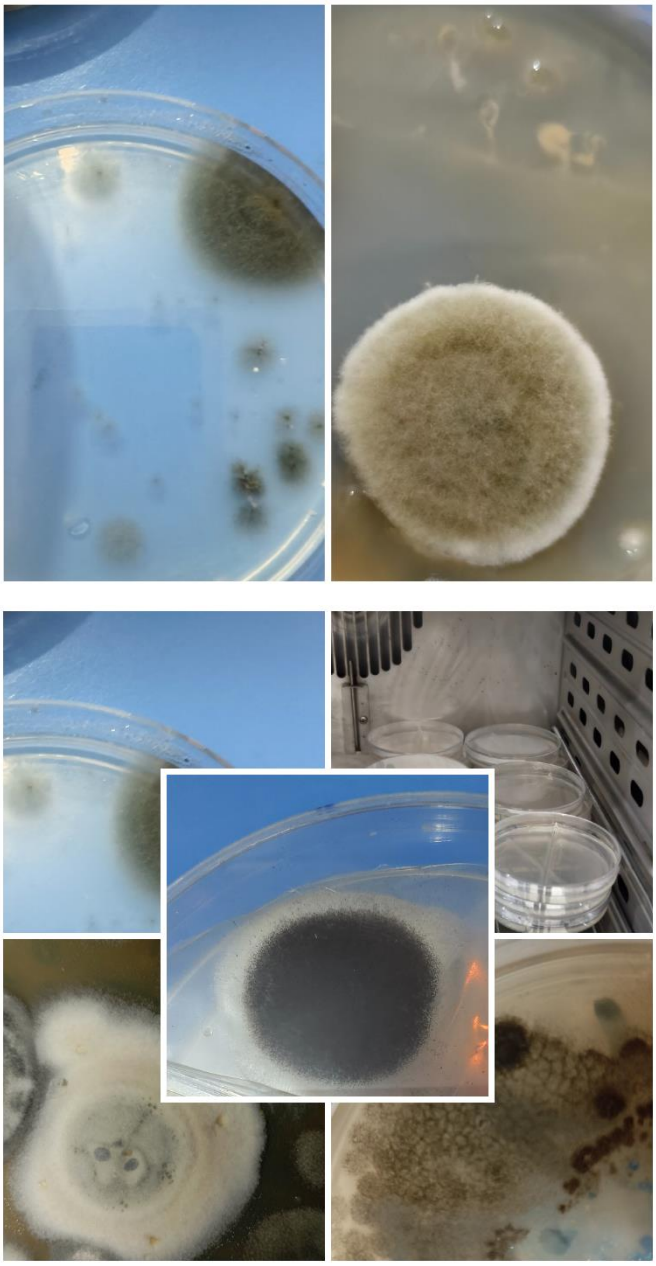


Figure III.5 : le devellopement des champignons (*aspergilus et penecilium*) apprés 15 jours dans l`étuve. (Originale, 2024)

III.4. Dispositif expérimental des essais

III.4.1. Effet de thé et d'extrait de sur la mobilité et la viabilité des juvéniles.

Les tests sont effectués dans les puits des microplaques de culture cellulaire, chaque puits contient 0,05 ml d'eau distillée additionnée de 20 à 30 larves de deuxième stade préalablement comptées. Les traitements et leurs dilutions (100%, 50%, 25%, 10% et 5%) sont ajoutés à la suspension de larves à raison de 1 ml chacun. Pour comparer l'efficacité des traitements, nous avons préparé un témoin avec de l'eau distillée stérile. L'effet toxique des différents traitements est évalué après un temps d'immersion de 2, 4, 12, 24, 48 et 72 heures. Chaque traitement est répété quatre fois.

L'effet de l'extrait sur la mobilité des juvéniles est évalué en dénombrant sous loupe binoculaire les juvéniles mobiles par rapport au nombre total de juvéniles. Un juvénile est considéré vivant lorsqu'il est mobile ou que sa partie antérieure est mobile et bouge après excitation mécanique par un poil ou après exposition aux radiations lumineuses.



Figure III.6: application des traitements de nematodes (Original, 2024)

III.4.2. Effet fongique du thé et d'extrait de lombricompost.

III.4.2.1. Application des traitements

A l'aide d'une micropipette graduée de 1.10 trois goutes sont appliquées dans chaque boite de pétri d'une dose connue des extraits aqueux (100%, 75%, 50%, 25%,10%,5%), une deuxième boite sert comme témoin (boite ensemencée par le germe et sans traitement). On identifie les différentes boites et on les porte à l'incubateur à 37°C pendant 48 à 25°C **(Bourin et Jolliet,2001).**

III.4.2.2. La lecture

Après le temps d'incubation, on récupère toutes les boites et ensuite on procède à la lecture des zones d'inhibitions, qui consiste à mesurer le diamètre des zones d'inhibition en millimètres **Bourin et Jolliet,2001).**

III.4.2.3. Détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI)

Après ensemencement et incubation, la CMI sera représentée par la concentration à partir de laquelle aucune colonie n'est observée. Donc le but de la CMI consiste à déterminer la plus faible concentration d'extrait inhibant la croissance des germes et la mesure des diamètres des zones d'inhibition **Bourin et Jolliet,2001).**

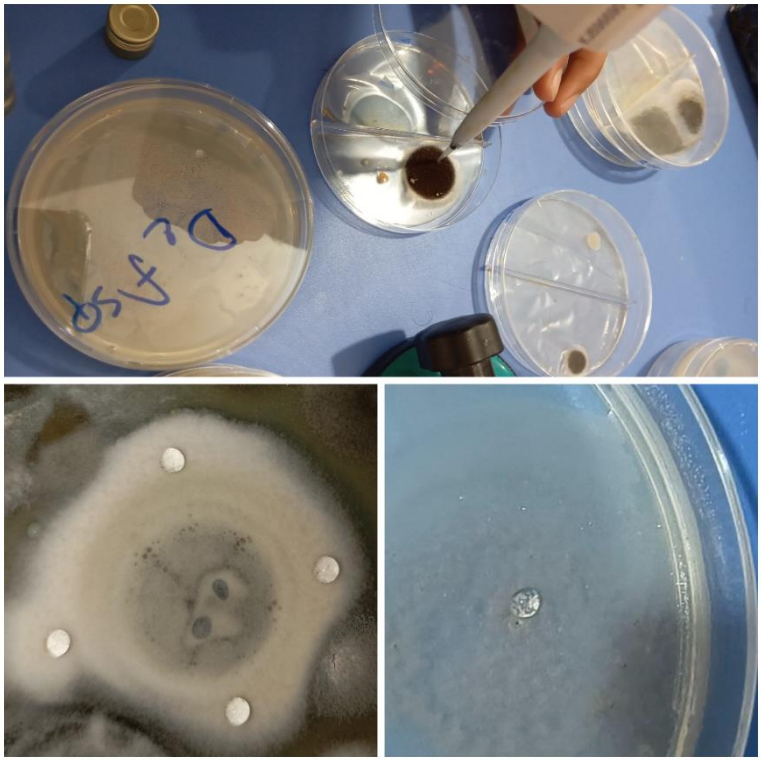


Figure III.7: application des traitements de moisissures (Original, 2024)

III.5. Estimation de la mortalité corrigée

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

Le pourcentage de mortalité larvaire :

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

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

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

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

III.6. Analyse des données

La présentation des résultats sur l'efficacité des différents traitements testés sous forme de tableaux ou graphiques sur les pourcentages des larves mortes afin d'émaner leurs potentiels toxiques vis-à-vis des nématodes *Meloidogyne* et les champignons antagonistes. L'opération a été réalisée avec le logiciel EXCEL2016.

III.6.1. Analyses de variance

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

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

Résultats et discussion

Les résultats relatifs à l'effet de l'extrait et le thé de lombricompost en fonction de cinq doses testées sur les larves L2 de nématode à galles du genre *Meloidogyne*, et les champignons phytopathogènes des genres *Aspergillus* et *Penicillium* sont présentés dans ce chapitre.

IV.1. Evaluation de la toxicité des traitements utilisés sur les larves de *Meloidogyne spp.*

IV.1.1. Evaluation de l'efficacité de l'extrait de lombricompost sur les nématodes à galles *(Meloidogyne).*

Les résultats de taux de mortalité des larves L2 de *Meloidogyne spp* sous l'effet des différentes doses de l'extrait de lombricompost, ainsi que Les probabilités obtenues par l'analyse de la variance de type GLM sont exposés dans le tableau 1

Il apparait ; d'après les résultats reportés dans le tableau IV.1 que les différentes doses de traitement appliqué affectent d'une manière très hautement significative le nombre de galle (p=0,000; p<0,001).

De même le temps d'immersion montre une différence très hautement significative sur le taux de moralité des larves (p=0,000; p<0,001).

Tableau IV.1 : Taux de mortalité des larves de *Meloidogyne* spp. sous l'effet des extraits de lombricompost

	Témoin	**Dose 1**	**Dose 2**	**Dose 3**	**Dose 4**	**Dose 5**	F-ratio	*p* value
2 H	0	61,25	33,75	26,25	21,25	17,5	21,214	0,000***
4 H	0	92,5	73,75	61,25	72,5	56,25		
24 H	0	98,75	91,25	85	81,25	76,25		
48 H	0	100	97,5	95	96,25	92,5		
72 H	0	100	100	100	100	100		
F-ratio	242,754							
p value	0,000***							

*** : Significative à 0,1‰

Pour mieux visualiser l'effet toxique des extraits de lombricompost ainsi que leurs doses sur les larves de *Meloidogyne spp*. nous avons fait appelle à une présentation graphique présentée dans la figure IV.1.

Les résultats relatifs à la Figure IV.1 montrent que pour les deux premières doses testées (100% et 50%) le taux moyen de mortalité dépasse 90% après 24h d'exposition et atteint 100% après 48h d'exposition. Pour la dose D3, D4 et D5 (25%, 10% et 5%) le taux moyen de mortalité dépasse 75% après 24H d'exposition, ce dernier s'accroît pour dépasser 90% après 48h d'exposition et atteint 100% après 72H d'exposition.

De son côté le bloc témoin ne présente aucune mortalité durant toute la période de l'expérimentation.

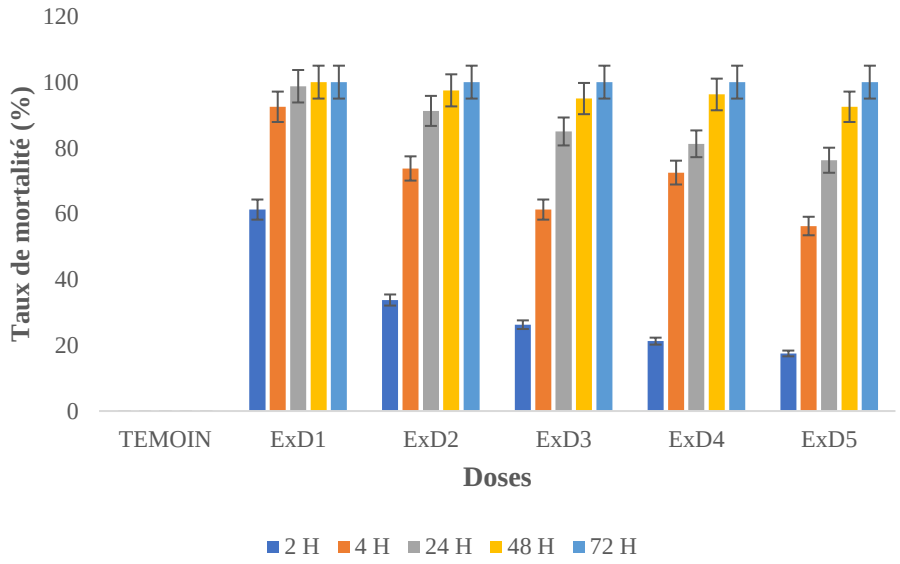


Figure IV.1: Evaluation de la toxicité des extraits de lombricomopost sur les larves de *Meloidogyne spp*.

Ex : Extrait de lombricompost ; H : heure ; D1 : Dose pure (100%) ; D2 : Dose 2(50%) ; D3 : Dose 3 (25%) ; D4 : Dose 4 (10%) ; D5 : Dose 5 (5%).

IV.1.2. Toxicité de thé de lombricompost

Les résultats de taux de mortalité des larves L2 de *Meloidogyne spp* sous l'effet des différentes doses de thé de lombricompost, ainsi que Les probabilités obtenues par l'analyse de la variance de type GLM sont exposés dans le tableau IV.2.

Il apparait ; d'après les résultats reportés dans le tableau IV.2 que le thé de lombricompost semble moins efficace que l'extrait de lombricompost et que les différentes doses de traitement appliqué affectent d'une manière très hautement significative le nombre de galle (p=0,000; p<0,001).

De son tour le temps d'immersion montre une différence très hautement significative sur le taux de moralité des larves (p=0,000; p<0,001).

La dose D1 (100%) a montré un effet toxique qui dépasse 80% après 24 H d'exposition, pour la dose 2 et 3 (50% et 25%) ont révélé un taux de mortalité qui dépasse 50% après 24 H d'immersion.

En ce qui concerne la faible dose D5 (5%) dévoile un effet toxique faible qui atteint 78% de mortalité de larves L2 après 72 H d'immersion.

Tableau IV.2 : Taux de mortalité des larves de *Meloidogyne* spp. sous l'effet de thé de lombricompost

	Témoin	**Dose 1**	**Dose 2**	**Dose 3**	**Dose 4**	**Dose 5**	F-ratio	*p* value
2 H	0	75	58,75	48,75	36,25	28,75	19,486	0,000***
4H	0	80	62,5	52,5	55	45		
24 H	0	82,5	63,75	53,75	61,25	50		
48 H	0	93,75	78,75	70	72,5	61,25		
72 H	0	100	96,25	82,5	81,25	78,75		
F-ratio	28,165							
p value	0,000***							

*** : Significative à 0,1‰

Pour mieux visualiser l'effet toxique de thé de lombricompost, ainsi que leur dose sur les larves de *Meloidogyne spp*. nous avons fait appelle à une présentation graphique présentée dans la figure IV.2.

La figure IV.2 montre les résultats concernant l'effet du thé de lombricompost sur les larves L2 de Meloidogyne. La dose pure à 100% (D1) dépasse 80% de mortalité des larves après 24h d'exposition, atteint 93,75% après 48h et 100% après 72h.

La dose à 50% (D2) a un effet toxique qui dépasse 70% de mortalité après 48h et atteint 100% après 72h d'exposition.

En revanche, les doses plus faibles de 25% (D3), 12,5% (D4) et 5% (D5) ont montré un taux de mortalité proche de 80% après 72h d'exposition.

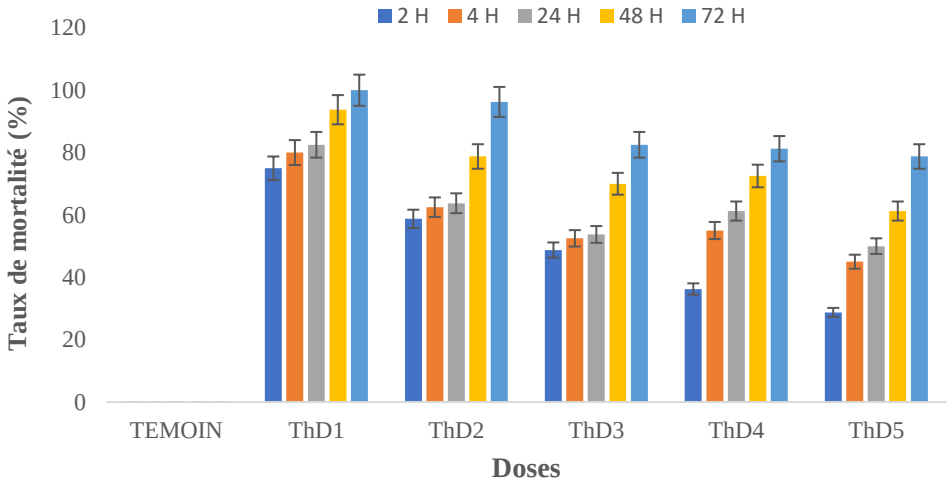


Figure IV.2 : Evaluation de la toxicité de thé de lombricompost sur les larves de *Meloidogyne spp*.

Ex : Extrait de lombricompost ; H : heure ; D1 : Dose pure (100%) ; D2 : Dose 2(50%) ; D3 : Dose 3 (25%) ; D4 : Dose 4 (10%) ; D5 : Dose 5 (5%).

IV.1.3. Toxicité comparée de l'extrait et de thé de lombricompost sous l'effet de différentes doses

Le modèle G.L.M. a été appliqué pour évaluer l'effet biocide des traitements à base de lombricompost en fonction du temps d'immersion et des doses testées. Les résultats de l'analyse montrent que la toxicité varie d'une manière très hautement significative en fonction des traitements, des concentrations testées et de temps d'immersion. La probabilité associée est de (p=0,000; p<0.001).

La figure IV.3 dévoile la toxicité de l'extrait de lombricompost par rapport au thé. En ce qui concerne les concentrations l'effet biocide des extraits purs (D1 :100%), dose 2 (D2 :50%) s'avère plus élevé que celui dilué à 25%(D3) et 10% (D4).

En ce qui concerne le temps d'immersion, la toxicité des produits est affectée d'une manière très hautement significative avec ce dernier (p=0,000; p<0.001), les taux de mortalité supérieurs ont été enregistrés dès les 24h.

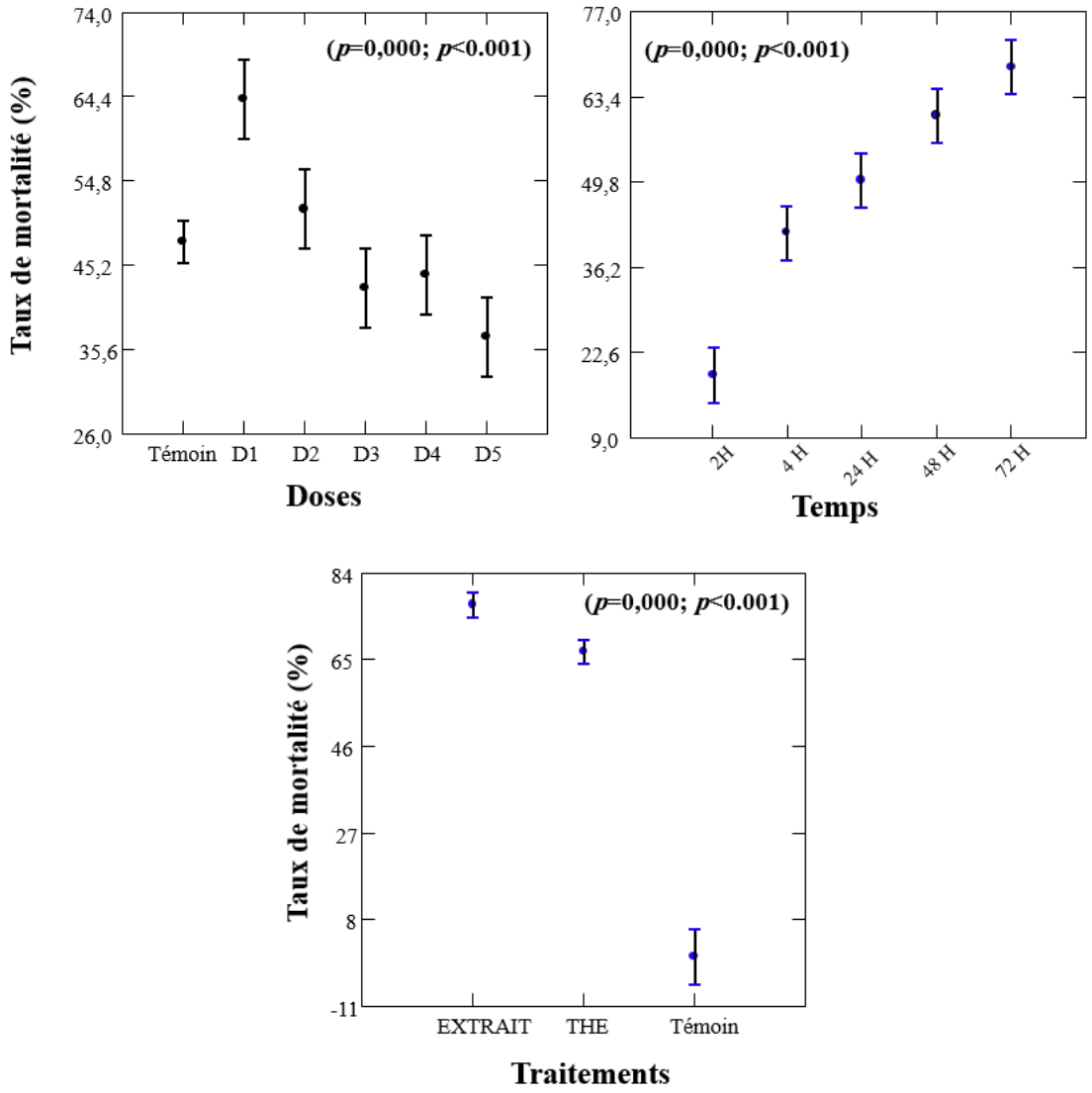


Figure IV.3: Toxicité comparée de l'extraits et de thé lombricompost sur les larves de *Meloidogyne spp.*

H : heure ; D1 : Dose pure (100%) ; D2 : Dose 2(50%) ; D3 : Dose 3 (25%) ; D4 : Dose 4 (10%) ; D5 : Dose 5 (5%).

IV.2. Effet du lombricompostage sur les moisissures

IV.2.1. Effet sur les caractères morphologiques

IV. 2.1.1. L'*Aspergillus sp*

Le mycélium est cloisonné portant de nombreux conidiophores dressés, non ramifiés, terminés en vésicule. Des phialides formées directement sur la vésicule ou sur des métules, et tête cnidiennes unisériées ou bisériées ; les conidies en chaîne unicellulaires, tous changement de ces aspects après application de traitement est noté.

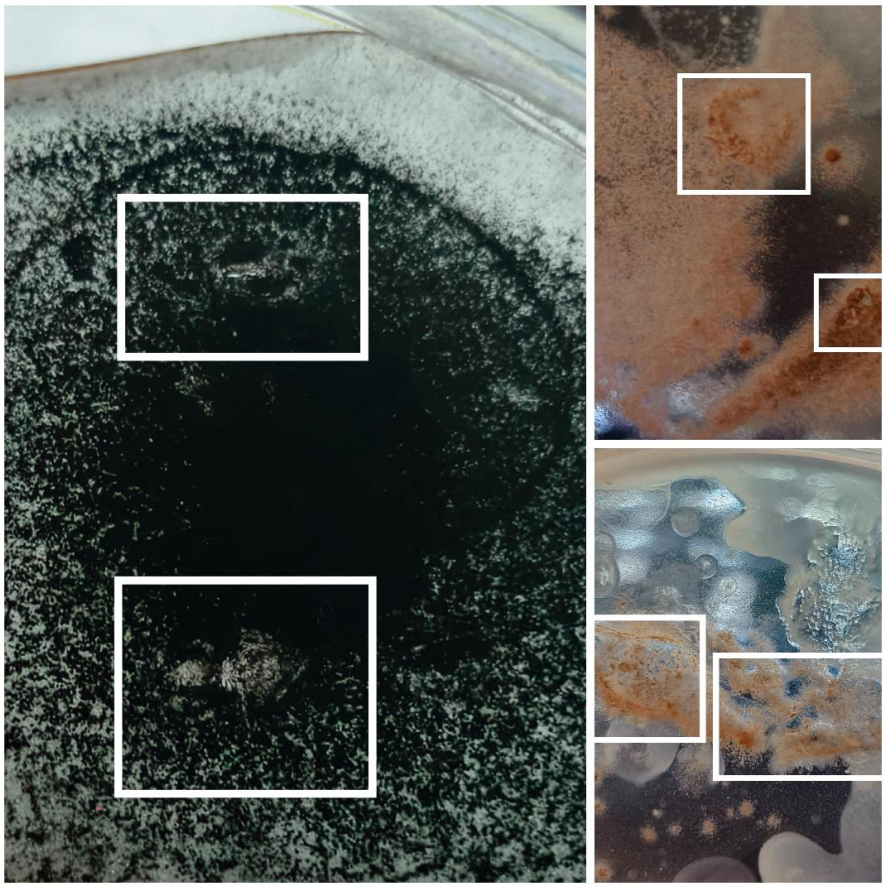


Figure IV.4: l'impact du lombricopostage sur l'aspérgillus . (Original, 2024)

IV.2.1.2. *Le Penicillium notatum*

Le mycélium de *Penicillium* est de type cloisonné portant de nombreux conidiophores isolés, ramifiés, terminés par un pénicille ; Pénicille constitue de phialides branchés directement à l'extrémité du conidiospores, tous changement de ces aspects après application de traitement est noté.



Figure IV.5: l'impact du lombricopostage sur *Penicillium* (Original, 2024)

IV2.2. Effet sur la mortalité fongique

L'étude s'intéresse à la mise en évidence de l'effet de l'extrait de lombricompost uniquement en fonction de cinq doses testées l'abondance des champignons phytopathogènes des genres *Aspergillus* et *Penicillium*, en calculant la zone d'inhibition mycélienne.

IV.2.2.1. Effet de l'extrait du compost sur le genre *Aspergilus*

Afin de voir l'effet toxique de l'extrait de lombricompost, ainsi que leur dose appliquée sur le mycélium d'*Aspergillus* une présentation graphique présentée dans la figure IV.6.

D'après la figure IV.6 montre les résultats concernant l'effet du l'extrait de lombricompost sur *Aspergillus* montrent que la dose pure à 100% (D1) a un effet toxique qui ne dépasse pas 5.37 mm d'inhibition.

En revanche, les doses plus faibles de 25% (D3), 12,5% (D4) et 5% (D5) n'ont montré aucun effet significatif sur *l'Aspergillus* même après une exposition de 10 jours au traitement. (Figure IV.7). D'après la même figure les premiers signes d'inhibitions ne sont signalés qu'après 24 heures d'exposition au traitement, achevant leurs taux maximaux au bout du 7 eme jours du traitement.

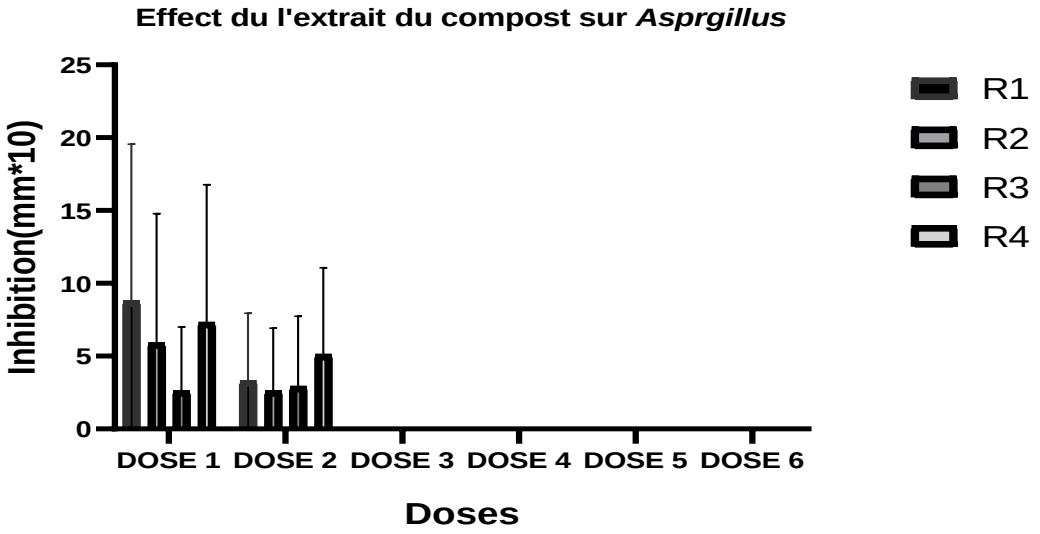


Figure IV.6: Évaluation de l'effet de l'extrait de lombricompost sur *Aspergillus* en fonction des doses attribués

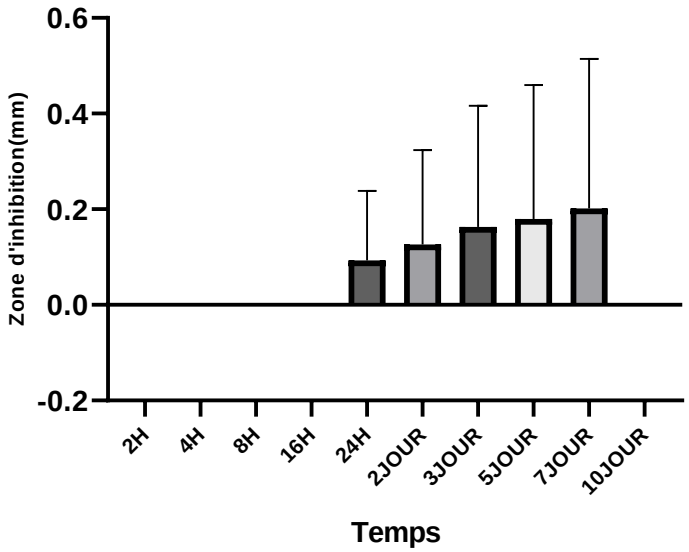


Figure IV.7: Évaluation de l'effet de l'extrait de lombricompost sur *Aspergillus* en fonction temps

IV.2.2.2. Effet de l'extrait du compost sur le genre *Penicillium*

Afin de voir l'effet toxique de l'extrait de lombricompost, ainsi que leur dose appliquée sur le mycélium du *Penicillium* une présentation graphique présentée dans la figure IV.8.

D'après la figure IV.8 montre les résultats concernant l'effet du l'extrait de lombricompost sur *Aspergillus* montrent que la dose pure à 100% (D1) ainsi que la dose 50% (D2) qui ont eu un effet toxique qui ne dépasse pas 6.83 mm d'inhibition.

En revanche, les doses plus faibles de 25% (D3), 12,5% (D4) et 5% (D5) n'ont montré aucun effet significatif sur *Penicillium* même après une exposition de 10 jours au traitement. (Figure IV.9). D'après la même figure les premiers signes d'inhibitions ne sont signalés qu'après 16 heures d'exposition au traitement, achevant leurs taux maximaux au bout du 5 eme jours du traitement

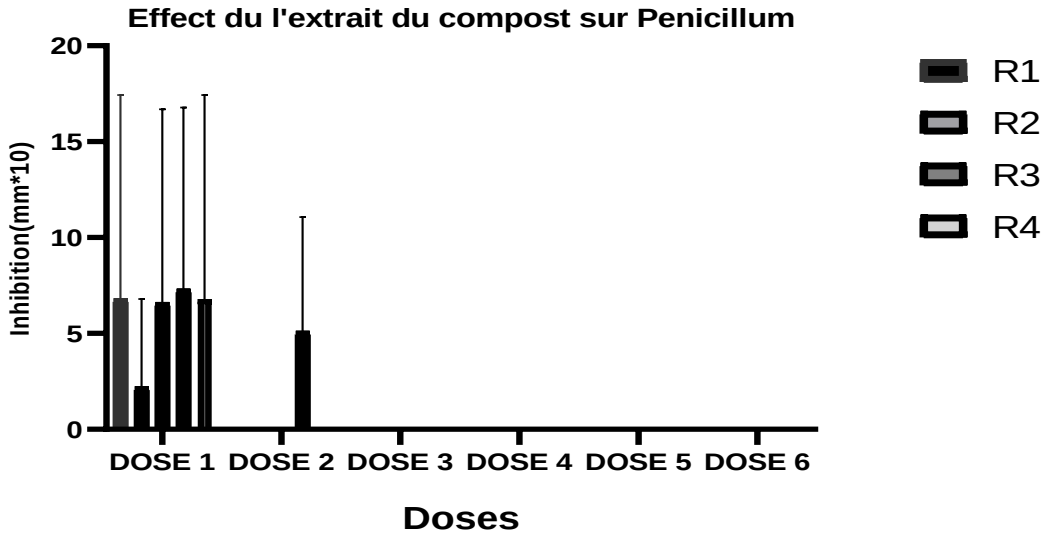


Figure IV.8: Évaluation de l'effet de l'extrait de lombricompost sur *Penicillium* en fonction des doses attribués

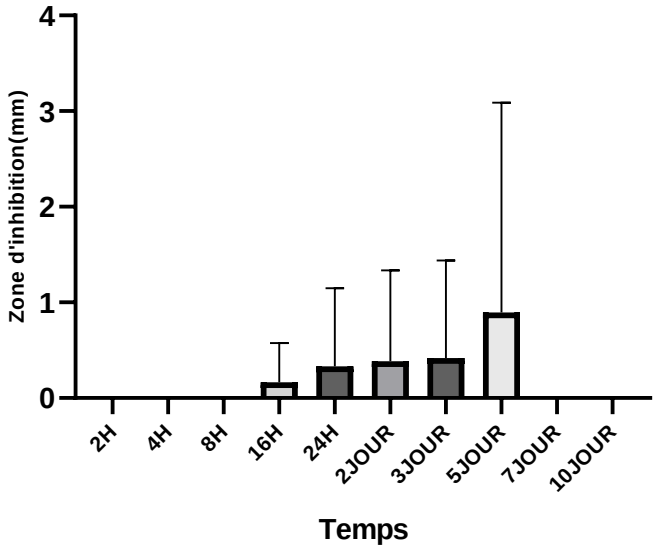


Figure IV.9: Évaluation de l'effet de l'extrait de lombricompost sur *Penicillium* en fonction temps

IV.3. Discussion

Le lombricompost et ses dérivés, tels que le thé de lombricompost et les jus, sont de plus en plus utilisés dans le domaine agricole en raison de leurs nombreux bénéfices. Ces produits à base de vers de terre sont notamment reconnus pour leurs propriétés biostimulantes, qui permettent de stimuler les défenses naturelles des plantes et d'améliorer leur résistance face aux ennemis.

De nombreuses études ont confirmé l'effet biostimulant positif du lombricompost sur la croissance et la santé des végétaux. Cependant, son impact direct sur les organismes nuisibles comme les nématodes et les champignons pathogènes reste à approfondir.

La présente étude vise donc à évaluer l'effet nématicide et fongicide du thé de lombricompost ainsi que de l'extrait de lombricompost sur les nématodes à galle du genre *Meloidogyne* et les champignons phytopathogènes des genres *Aspergillus* et *Penicillium* . Cela permettra de mieux comprendre le potentiel de ces produits dérivés du lombricompost dans la lutte biologique contre les parasites des cultures.

Les résultats de notre étude révèlent un effet nématicide avéré de l'extrait et du thé de lombricompost, et ce, en fonction des différentes doses testées et des temps d'exposition. Il apparaît que l'extrait de lombricompost semble plus efficace que le thé de lombricompost. De plus, les doses pures et à 50% ont montré un effet choc important, avec des taux de mortalité des larves de *Meloidogyne* dépassant 90% après seulement 24 heures d'exposition.

Ces résultats viennent conforter les nombreuses études qui ont mis en évidence les propriétés biostimulantes du lombricompost et de ses dérivés. Selon Shova et al. [29], les mécanismes d'action par lesquels le thé de vermicompost pourrait inhiber la pénétration des larves de M. incognita dans les racines et l'éclosion des œufs pourraient être liés à l'induction de la résistance de la plante hôte par des rhizobactéries bénéfiques, ou encore à la sécrétion d'enzymes hydrolytiques telles que la chitinase. De même, SAFIDDINE et al. ont montré en 2019 que le vermicompost contribuait à une induction de résistance des plantes hôtes via l'activité bactérienne, entraînant notamment une masculinisation des larves de *Meloidogyne*.

Il est donc probable que l'utilisation du vermicompost sous ses différentes formes, doses et modes d'apport, ait permis de stimuler les défenses naturelles des plants de tomate, lesquelles ont pu synthétiser des molécules ayant un effet néfaste sur ces phytoparasites.

Cependant, l'effet *in vitro* du lombricompost reste encore peu documenté. Il pourrait néanmoins être dû à la composition riche de ce substrat en hydrogène, sulfure, ammoniac et nitrites, contribuant à son effet toxique envers les nématodes.

Bien que l'extrait de lombricompost puisse être plus efficace que le thé de lombricompost contre les nématodes *Meloidogyne*, il apparaît que les extraits aqueux à base de plantes présentent une activité nématicide encore plus marquée lorsqu'on les test *in vitro*.

En effet, de nombreuses études ont montré que certaines plantes contiennent des composés organiques naturels, comme des alcaloïdes, des terpénoïdes ou des glucosides, qui ont des propriétés nématicides avérées. Ces composés, lorsqu'ils sont extraits de la plante et testés directement sur les nématodes, démontrent une capacité à inhiber leur développement, leur mobilité et leur reproduction, de manière souvent supérieure aux effets du lombricompost.

Les extraits aqueux de plantes comme l'ail, le poireau, le radis noir l'Urg*inea maritima ou* certaines plantes aromatiques ont ainsi fait leurs preuves *in vitro* pour lutter contre diverses espèces de nématodes, y compris les *Meloidogyne*. Cet effet nématicide plus marqué s'expliquerait par une plus grande concentration et une meilleure biodisponibilité des molécules actives issues directement de la plante, comparé au lombricompost qui contient une plus grande diversité de composés et une teneur élevée en microorganismes.

Les résultats de notre étude révèlent un effet antifongique considérable envers les moisissures choisis dans cette étude, en particulier contre le genre *Aspergilus* pour les doses les plus fortes D1 et D2 alors que les faibles doses n'ont pas présenté une différence significative en comparaison avec les lots témoins ; Au terme de cette étude expérimentale, nous pouvons conclure que le système de conduite des cultures est l'un des facteurs qui agissent sur l'abondance et la diversité des champignons phytopathogènes. Cette influence est beaucoup plus positive (Jouy, 2001) qui a constaté que la présence importante de matières organiques en surface en non labour impact impérativement la phase saprophyte des champignons ainsi les travaux Mrabet et al en (2001), confirment ces résultats, puisque les populations de la microflore du sol sont fortement perturbées par la présence de Matière organique dans le sol, ce qui explique les résultats obtenus à partir de l'extrait de lombricompost ,ou une diminution de la taille du mycelluim du genre *Aspérgillus* été assée considérable ,vue le faite que l'augmentation de la matière organique engendré par l'extrait de lombricompost inhibe la croissance mycellienne des champignons.

Autre part Berama,2004 ont suggéré qu'un des inconvénients les plus évidents à prévoir pour la pratique continue du semis direct en France, comme sous les tropiques, peuvent apparaître avec le renforcement du pouvoir pathogène du champignon. D'après (Colbach, 1996).L'abandon total du labour dans la rotation maintient les résidus en surface et favorise le développement des maladies fongiques, en plus le non enfouissement des résidus de récolte engendre la création de foyers d'infection potentielle avec d'éventuels risques au niveau de la qualité de la récolte, et sur lesquels il convient de demeurer vigilant : différents travaux ont déjà mentionné les risques d'amplification des champignons producteurs d'aflatoxines (Cure, 1991, Germon, 2009), L'impact des concentration élevé de matière organique dans les sols cultivé peuvent impacter non seulement la diversité mais aussi la dominance des espèces fongiques sauf contre les fusarioses et les limaces (Chervet, 2007) ,ce qui est confirmé dans notre étude ; par l'impact du lombricompostage sur les moisissures du genres Aspergillus en première position par contre.(Timothy et *al*, 2002) mentionnent que les maladies racinaires accroît à cause de l'absence de labour, l'augmentation des résidus de culture à la surface du sol et des conditions du sol qui sont normalement plus froides et plus humides au printemps ,ce qui peut expliquer l'impact des fortes dose utilisé dans notre étude ,ou en à observer la continuation de la croissance du champignon du genre *Penicillium*

En outre, les températures plus fraîches et la plus grande humidité du sol peuvent augmenter l'incidence de maladies causées par des champignons du sol hors pour avoir un échantillon de lombricompostage d'excellente qualité, les hautes températures sont un des conditions (Aibar, 2006).De (Tabuc, 2007) constata que le pathogènes du genre fusariose d'origine tellurique croit avec la pratique culturale ,plus la culture est faible avec un sol moins riche en éléments minéraux dans les monoculture. Plus le risque de prolifération tellurique va augmenter, de plus Steinert (2005) relève que les exploitations qui pratiquent les techniques culturales simplifiées n'ont pas vu d'augmentation significative de la pression des maladies cryptogamiques, pour autant qu'elle soit adéquate.

Des résultats analogues ont été également obtenus par Seguy et *al.*(2009), qui mentionne qu'un sol qui n'est pas travaillé, avec des résidus de récolte et une phytomasse additionnée assurent une couverture permanente du sol aussi bien en saison des pluies qu'en saison sèche.

Selon Chevrier et Barbier, 2000, les risques de maladies augmentent avec un retour fréquent d'une des cultures hôtes du champignon. Par ailleurs, la rotation de diverses espèces végétales permet de diversifier flore fongique du sol, étant donné que les racines sécrètent différentes organiques qui attirent une diversité de bactéries et de champignons organismes qui vont à leur tour jouer un rôle important dans la transformation des substances sécrétées favorisant ainsi le

développement d'espèces peuvent aider pour la lutte contre les espèces nuisibles aux cultures afin de limiter le recours à la lutte phytosanitaire. D'autres essais de longue durée suivis par l'ITCF, fondés sur des succession ou monoculture des cultures en fortifiantes les sols avec des engrais de fonds u de couverture pour augmenter le taux de matière organique dans les sols peuvent être un moyen très efficace pour la lutte contre ces espèces, (Nathalie, 1996).

Ainsi l'utilisation d'alternative aux engrais chimiques tel que le lombricompostage, reste un souhaitable pour la diminution de ces espèces telluriques.

Conclusion Génerale

Conclusion générale :

Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* et les champignons phytopathogènes s'inscrivent parmi les ennemis les plus redoutables des cultures maraîchères. S'attaquant à une large diversité de plantes potagères, ces parasites microscopiques et ces organismes microscopiques représentent un défi majeur pour la production agricole.

Leur capacité à survivre dans le sol sous diverses formes (œufs, larves juvéniles pour les nématodes, spores pour les champignons) leur permet d'envahir facilement les cultures en place, causant des dégâts considérables aux racines et aux parties aériennes des plantes.

En Algérie, le recours aux nématicides reste le moyen le plus utilisé par les agriculteurs pour désinfecter le sol. En revanche ces produits posent de sérieux problèmes, ils empoissonnent non seulement les plantes mais laissent également des résidus très toxiques pour les consommateurs. Face à cette situation et dans l'intérêt actuel de préserver l'environnement et pour une agriculture durable les chercheurs se sont focalisés leurs travaux à la recherche de la molécule toxique aux nématodes contenue dans les plantes.

Face à la menace que représentent les nématodes du genre *Meloidogyne* et les champignons phytopathogènes des genres *Aspergillus* et *Penicillium* pour les cultures maraîchères, notre étude s'est concentrée sur l'évaluation du potentiel nématicide et fongicide in vitro des extraits et de thé de lombricompost. Contrairement à la majorité des recherches qui se focalisent sur l'effet biostimulant du lombricompost, nous avons choisi d'explorer ses propriétés biocides dans la lutte contre ces parasites.

Notre objectif principal est de déterminer si les extraits et le thé de lombricompost peuvent constituer une alternative écologique et efficace aux pesticides chimiques pour protéger les cultures maraîchères.

Les résultats relatifs à l'effet nématicide, ont révélé que les différents traitements utilisés sont significativement actifs sur les larves de *Meloidogyne spp.* avec un effet plus favorisé de l'extrait de vermicompost en comparaison avec le thé, cet effet se traduits par une augmentation de la mortalité qui dépend des traitements, des concentrations et du temps d'exposition des larves.

Notre étude a mis en évidence une activité antifongique notable des extraits de thé de lombricompost, particulièrement marquée contre les champignons du genre Aspergillus aux

concentrations les plus élevées (D1 et D2). En revanche, les faibles doses n'ont pas montré d'effet significativement différent de celui des témoins.

En perspective, Il serait très intéressant d'approfondir les essais et d'évaluer l'efficacité de ces extraits aqueux in vivo sur divers cultures hôtes des nématodes à galles ainsi que sur d'autres genres de nématodes à importance économiques, comme *Globodera* nématodes à kystes de pommes de terre et le vecteur du virus du court-noué le nématode du genre *Xiphinema*.

Reference bibliographique

Références bibliographique :

- Abdel Massih, M. (2007). Moisissures: identification, sources de contamination et moyens de lutte. Pôle technologique agroalimentaire: 3
- Abdelkader Fahima. Etude comparative de l'infection des sols par quelques champignons Pathogènes en conditions de semis direct et de travail conventionnel, Production Végétale et Agriculture de Conservation, mémoire de magister, ferhat abbas., 2012, Setif
- Aboulam, S. (2005). Recherche d'une méthode d'analyse du fonctionnement des usines de tricompostage des déchets ménagers. Fiabilité des bilans matière (ENSAT, Ed.). Toulouse: Thèse de Doctorat.
- Achsah, R. S., & Lakshmi Prabha, M. (2013). Potential of vermicompost produced from banana waste (Musa paradisiaca) on the growth parameters of Solanum lycopersicum. International Journal of ChemTech Research, 5(5), 2141–2153.
- Achsah, R. S., & Lakshmi Prabha, M. (2013). Potential of vermicompost produced from banana waste (Musa paradisiaca) on the growth parameters of Solanum lycopersicum. International Journal of ChemTech Research, 5(5), 2141–2153.
- Agrios, G.N.(2005). Plant Pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press, USA UK
- Aguire, L., Hurst, S.F., Choi, J. S., Shin, J.H., Hinrikson, H.P, et Morrison, C.J. (2004).
- Aibar, J. (2006). La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct : principaux problèmes. Communication orale. Les actes des 3emes rencontre méditerranéennes du semi direct. Zaragoza. *Options Méditerranéennes, Série A*, n° (69).p19-26
- Aira, M., Monroy, F., & Domínguez, J. (2007). Eisenia fetida (Oligochaeta: Lumbricidae) modifies the structure and physiological capabilities of microbial communities improving carbon mineralization during vermicomposting of pig manure. Microbial Ecology, 54(4), 662–671. https://doi.org/10.1007/s00248-007-9223-4
- Alam MN, Jahan MS. Ali MK, Ashraf MA, Islam MK. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth, yield and yield components of potato in barind soils of Bangladesh, J of Applied Sciences Res. 2007; 3(12):1879-1888
- Albrecht, R., (2007). Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique. Thèse doctorat : Biosciences de l'Environnement. Université Paul Cézanne Faculté des Sciences et Techniques, 189p.
- Amic, A., Dalmasso, C., (2012 – 2013). Unité de valorisation complète de déchets oléicoles par lombricompostage : Production de produits à haute valeur ajoutée : lombricompost, savon, collagène et lombrics. Mémoire Master : Sciences de la Biodiversité et Ecologie (SBE). Université AixMarseille (AMU), 5

- Anonyme. (2007). L'encyclopédie libre. Référence NCBI : *Pythium* (en), http://fr.encyclopedia.org/wiki/Pythium
- Ansari, A. A., & Ismail, S. A. (2012). Earthworms and Vermiculture Biotechnology. In Dr. Sunil Kumar (Ed.), Management of Organic Waste (INTECH, p. 11).
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., & Bierman, P. (2006). Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. Bioresource Technology, 97(6), 831–840. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.04.016
- Badillet, G., Bievre, C., et Gueho, E. Champignons contaminants des cultures. *Champignons opportunistes. Atlas clinique et biologique. Varia.*, 1987, vol. 2, p. 132-216.
- Benhamou, N., Chet, I. (1996). Parasitism of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* by *Trichoderma harzianum*: ultrastructural and cytochemical aspects of the interaction. *Phytopathology* (86), p. 405–416
- Berama, R. (2004). Contribution à l'étude de la technique du semis direct (cas de la luzerne). Mémoire d'ingénieur INA El Harrach, Alger, 94 p
- Booth, C. The Fusarium problem : Historical, economic and taxonomic aspects. In The applied
- Bouneghou samia. L'effet inhibiteur de *Pythium sp* sur la croissance mycélienne de *Fusarium roseum* et d'*Alternaria alternata*, *mémoire master*, Biotechnologie des Mycètes, fermentation et production des substances fongiques, Université Mentouri Constantine, 2011.
- **Bourin M, Jolliet P**. Pharmacologie générale et pratique. *Ed ellipse* (2OO1). Paris. p142.
- **Bourin M, Jolliet P**. Pharmacologie générale et pratique. *Ed ellipse* (2OO1). Paris. p142.
- **Boysen, M.E., Jacobsson, K.G., Schnürer, J. (2000).** Molecular Identification of Species from the Penicillium roqueforti Group Associated with Spoiled Animal Feed, Appl. Environ. Microbiol., 66 (4), 1523-1526
- **Calmes, B. (2011). Réponses** adaptatives d'*Alternaria brassicicola* au stress oxydatif lors de l'interaction avec les brassicacées : Rôle du métabolisme du mannitol et des Glutathion-Stransférases. Thèse de doctorat Spécialité : Biologie Cellulaire et Moléculaire Végétale Ecole Doctorale VENAM.
- Chabasse D., Bouchara J.P., De Gentile L., Brun S., Cimen B., Penn P. Les moisissures d'intérêt médical. Cahier de formation biologie médicale. Edition Bioforma. Paris., 2002, P. 11- 109.
- Chaoui H. 2010.Vermicompostage (ou lombricompostage) : Le traitement des déchets organiques par les vers de terre. Fiche Technique Nº 10-010 AGDEX 743/537. Ontario :

ministère de l'Agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales. En ligne. http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/10-010.htm Consulte le 04 Mars 2018 (6 :54).

- Chaoui, I.H., L.M. Zibilske et S. Ohno. 2003. « Effect of earthworm casts and compost on microbial activity and plant nutrient uptake », Soil Biology and Biochemistry, vol. 35, no 2, p. 295–302.
- Chervet, A., Guble, L., Hofer, P., Maurer-Troxler, C., Müller, M., Ramseier, L., Streit, B., Sturny Weisskopf, W.G., Zihlmann, P. (2007). Semis direct de l'essai à la pratique Expériences acquises dans un système de semis direct en continu .p4.
- Chevrier, A., Barbier, S. (2002). Performances économiques et environnementales des techniques agricoles de conservation des sols création d'un référentiel et premiers résultats. Mémoire de fin d'études. Institut National de la Recherche Agronomique de VersaillesGrignon Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable. p.96.
- *Crédit photo © Scot Nelson - flickr.com - Meloidogyne incognita (Dégâts sur racines de la plante de tomate)* https://www.flickr.com/photos/scotnelson/37204696741/in/album-72157685360807802/
- Criquet S. and Calvert V. IMEP UMR CNRS 6116. Planche Tp mycologie publié sur internet en 2008.
- Cure, B. (1991). Simplification du travail du sol et évolution du parasitisme. *Perspectives Agricoles*, 161 : 47-53.
- Davet, P., Rouxel, F. (1997). Détection et isolement des champignons du sol. p.18-19
- Davet, P., Rouxel, F. (1997). Détection et isolement des champignons du sol. p.18-19
- DE GUIRAN G., 1983- Les nématodes parasites des cultures en pays tempérés. Ed. Littorale S.A., Beziers, France, 41p.
- Djouamaa, M., Debabsa, R., Bouasla, S. (2008). Comportement morphologique, physiologique et biochimique de trois variets de ble dur (Triticum durum.desf) sous traitement par un fongicide. (TILT 250EC). D.E.S Biologie et Médecine universitaire de Souk – Ahras . pp 41.
- Dominguez, J. (2004). State-of-the-art and new perspectives on vermicomposting research. In Earthworm Ecology, Second Edition (Earthworm). https://doi.org/10.1201/9781420039719
- Dominguez, J. (2004). State-of-the-art and new perspectives on vermicomposting research. In Earthworm Ecology, Second Edition (Earthworm). https://doi.org/10.1201/9781420039719
- Dominguez, J. (2004). State-of-the-art and new perspectives on vermicomposting research. In Earthworm Ecology, Second Edition (Earthworm). https://doi.org/10.1201/9781420039719
- Domínguez, J., & Gómez-brandón, M. (2005). Vermicomposting : Composting with Earthworms to Recycle Organic Wastes. In Management of Organic Waste (p. 20).

- Dominguez, J., Aira, M., & Gomez-Brandon, M. (2010). Chapter 5: Vermicomposting: Earthworms Enhance the Work of Microbes Jorge. In Microbes at Work: From Wastes to Resources (pp. 1–329). https://doi.org/10.1007/978-3-642-04043-6

- Dominguez, J., Aira, M., & Gomez-Brandon, M. (2010). Chapter 5: Vermicomposting: Earthworms Enhance the Work of Microbes Jorge. In Microbes at Work: From Wastes to Resources (pp. 1–329). https://doi.org/10.1007/978-3-642-04043-6

- Dominguez, J., Aira, M., & Gomez-Brandon, M. (2010). Chapter 5: Vermicomposting: Earthworms Enhance the Work of Microbes Jorge. In Microbes at Work: From Wastes to Resources (pp. 1–329). https://doi.org/10.1007/978-3-642-04043-6
- Durak, A., Altuntaş, Ö., Kutsal, İ. K., Işık, R., & Karaat, F. E. (2017). The Effects of Vermicompost on Yield and Some Growth Parameters of Lettuce. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 5(12), 1566. https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i12.1566-1570.1461
- Elad Y. et Shtienberg D., 1994. Effect of compost water extracts on grey mould (Botrytis cinerea). Crop Protection, 13: 109-114.
- El-KEBIRI L., 1993- Contribution a l'étude de l'état d'infestation des culture Maraichère sou-serres par les Meloidogyne dans quelque région littorale Algérois. Etude de la répartition géographique des Méloidogyne spp. These.Ing.Agro.Blida,53p.
- Eswaran N. and Mariselvin S. (2016). Efficacy of Vermicompost on growth and yield parameters of Lycopersicum esculentum(Tomato). International Journal of Scientific and Research Publications, 6(1), 95–108. Retrieved from www.ijsrp.org
- Ezzahiri,B.(2001). Les maladies du Blé Identification, facteurs de developpement et methodes de lutte (Bultin Mensuel d'information et de laison du PNTTA) N°77
- FAO. (2005). Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. Documents de Travail Sur Les Terres et Les Eaux - FAO, 1–48. Retrieved from http://www.fao.org/docrep/008/y5104f/y5104f05.htm
- Fiche technique le lombricompostage,2013 : Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire, de l'élevage et de l'égalité et du développement des archipels service du développement rural Po l y n e s i e f r a n ç a i s e
- -Garg VK, Chand S, Chhilar A, Yadav A (2005) Growth and reproduction of Eisenia Fetida in various Animal wastes during vermicomposting. Appl Ecol Environ Res 3:51–59
- Germon, J.C. (2009). Développement des techniques culturales sans labour (tcsl) : implications agronomiques et environnementales introduction Copyright – Académie d'Agriculture de France.
- Gómez-Brandón, M., & Domínguez, J. (2014). Recycling of solid organic wastes through vermicomposting: Microbial community changes throughout the process and use of vermicompost as a soil amendment. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 44(12), 1289–1312. https://doi.org/10.1080/10643389.2013.763588

- Gómez-Brandón, M., Aira, M., Lores, M., & Domínguez, J. (2011). Epigeic Earthworms exert a bottleneck effect on microbial communities through gut associated processes. PLoS ONE, 6(9). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024786
- Grandlyon., 2021**.** '*mémo du vermicompostage - Les bons gestes pour vermicomposter chez soi*.
- Graves, R. E., Hattemer, G. (2000). Chapter 2 Composting. In USDA (Ed.), National Engineering Handbook (p. 88).
- **Hageskal, G., Knutsen, A.K., Gaustad, P., de Hoog, G.S., Skaar1 I. (2006),** Diversity and Significance of Mold Species in Norwegian Drinking Water, Appl. Environ. Microbiol., 72 (12), 7586-7593
- **Haglund, W.A ., Kraft, J .M. (2001).** Fusarium wilt. In" Compendium of Pea Diseases Pests", (Eds. Kraft, J.M., Pfleger, F.L.) American Phytopathological Society Press, St. Paul, USA,13.
- **Healy, M., Reece, K., Walton, D., Huong, J., Frye S., Raad, II., Kontoyiannis, D.P. (2005),** Use of the DiversiLab System for Species and Strain Differentiation of Fusarium Species Isolates, J. Clin. Microbiol., **43 (10)**, 5278-5280 (Hinrikson *et al*., 2005).
- Hemalatha, B. (2012). Vermicomposting of fruit waste and industrial sludge. International Journal of Advanced Engineering Technology, III(II), 60–63.
- https://www.afaia.fr/wp-content/uploads/2017/05/fertilisants-organiques-un-impact-positif-sur-le-rendement-et-la-qualit-des-productions.pdf
- https://www.grandlyon.com/fileadmin/user_upload/media/pdf/proprete/compostage_memo_vermicompostage_appartement.pdf
- https://www.lombricomposteureco.fr/
- JANDL R et WENZEL W W., 2011- Essentielle Bodenk undefür Lands chafts planer, 150 p. (http://bfw.ac.at)
- Jin, J., Lee Y.K., Wickes B.L., (2004), NOTES Simple Chemical Extraction Method for DNA Isolation from Aspergillus fumigatus and Other Aspergillus Species, J. Clin. Microbiol., 42 (9), 4293-4296
- Joly, P.B., Paradeise, C. (2003). Agriculture et alimentation : Nouveaux problèmes, nouvelles questions. Sociologie du Travail, n° (45), p. 1-8.
- Jouy, L. (2001). Techniques sans labour : Evolution de la flore adventice. Perspectives. Agricoles, 271 : 58-61.
- Kerkeni1, N. Horrigue-Raouani1 Et M. Ben Khedher, 2007. Effet Suppressif De Cinq Extraits De Compost Vis-à-vis Du Nematode A Galles Meloidogyne Incognita, *Nematol. Medit. (2007), 35*: 15-21),

- Kerkeni1, N. Horrigue-Raouani1 Et M. Ben Khedher, 2007. Effet Suppressif De Cinq Extraits De Compost Vis-à-vis Du Nematode A Galles Meloidogyne Incognita, *Nematol. Medit. (2007), 35*: 15-21),
- Kirk, P.M., Cannon, P.F., David, J.C., Egham, U.K. and Stophes, J.A. (2001). Ainsworth and Bysby's Dictionnary of fungi , 9 th edn .CABI. Bioscience.UK. Center and central Bureau Voie. Ultrech. The Net.
- Klein, D.A., Paschke, M.W. (2004). Filamentous Fungy: The indeterminate lifestyle and microbial ecology. *Microbial Ecology*. 47: 224-235..
- Lazcano, C., & Domínguez, J. (2011). The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. In M. Miransari (Ed.), Soil Nutrients (pp. 1–23).
- Lepoivre, Ph. (2003). Phytopathologie : Bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte, pp.111-140.
- Lores, M., Gómez-Brandón, M., Pérez-Díaz, D., & Domínguez, J. (2006). Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. Soil Biology and Biochemistry, 38(9), 2993–2996. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.05.001
- Lores, M., Gómez-Brandón, M., Pérez-Díaz, D., & Domínguez, J. (2006). Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. Soil Biology and Biochemistry, 38(9), 2993–2996. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.05.001
- Lores, M., Gómez-Brandón, M., Pérez-Díaz, D., & Domínguez, J. (2006). Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. Soil Biology and Biochemistry, 38(9), 2993–2996. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.05.001
- Malloch D. Moulds isolation, cultivation and identification. University of Toronto,1997. Http//www.Botany.utonronto.ca/researchlabs/malloch/moulds/html.
- Marc C., 1999:Biological control of insect pests by entomogenous fungi. Annu.Rev. Entomol. 23. pp:409-442.
- McQuilken M.P., Whopps J.M. et Lynch J.M., 1994. Effects of water extracts of a composted manure straw mixture on the plant pathogen Botrytis cinerea. World Journal Of Microbiology and Biotechnology, 10:20
- Morin, É. (2004). Le lombricompostage, une façon écologique de traiter les résidus organiques. In E. P.-M. P (Ed.), Guide pratique (pp. 1–20).
- Morin.E ., 2017 Guide pratique le lombricompostage une façon écologique de traiter les résidus organiques
- Mrabet, R., Saber, N., El-BrahIi, A., LahIou, S., Bessam, F. (2001). Total, Particulate Organic Matter and Structural Stabihty of a Calcixeroll soi1 under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco. Soi1 & Tillage Res. 57: 225 235.

- Mycology of Fusanum,Moss, M.O. and Smith, J. E. Ed. Cambridge University Press, 1984, 1-13.
- Naika, S. De Jeud, JVL. De Jeffau, M. Hi1mi, M. Vandam, B. La culture de tomate, production, transformation et conunercialisation. Ed. Wageningen, Pays-Bas, 2005, p.105
- Nasraoui, B. (2006). Les champignons parasites des plantes cultivées, biologie, systématique, pathologie, maladies. (Vander et *al.*, 1998).
- Nelson, P.E., Toussoun, T.A., Marasas, W.F.O. (1983). Fusarium species: an illustrated manual for identification. Pennsylvania state Univ. Editor.
- Perrin, R. (1988). La fonte des semis en pépinières observation et expérimentation 1987 . Document interne CEMAG REP INRA. 1988 .21p.
- Quatresous N. Aspergillose humaine. Épidémiologie, diagnostic biologique, contrôle. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, 2011, Limoges.
- Reinecke, A. J., Viljoen, S. A., & Saayaman, R. J. (1992). The suitability of Eudrilus eugeniae, Perionyx excavtus and Eiseinia fetida (OLIGOCHAETA) vermicomposting in Southern Africa in terms of tempeture requirements. Soil Eiol. Biochem., 24(12), 1295–1307.
- Rostami, R. (2011). Vermicomposting. Integrated Waste Management, II(1), 13. https://doi.org/10.2307/3964883
- **Safiddine Fadhéla, Nebih Dhaouya, Merah Othmane Et Djazouli Zahr-Eddine, 2019.** Impact De Différents Types De Vermicompost Sur La Réduction Du Nombre De Galles De *Meloidogyne* Et L'expression Végétative Des Plants De Tomate. *Revue Agrobiologia* (2019) 9(1): 1415-1427
- Schuster E., Dunn-Coleman N., Frisvad J.C. et Van Dijck P.W.M. On the safety of Aspergillus niger - a review. Appl Microbiol Biotechnol, 2002, 59, 426–435
- Séguy, L., Bouzinac, S., Maronezzi, A.C. (2009). Semis direct et résistance des cultures aux maladies. Document obtenu sur le site Cirad du réseau http://agroecologie.cirad.fr. Simmons, G.G. (1993). Alternaria themes and variation (63-72). Mycotaxon 48, 109-140.
- Sharma S, Pradhan K, Satya S, Vesudevan P (2005) Potentiality of earthworms for waste management and in other uses. A review J Amer Sci 1:4–16
- Shuster, W. D., Subler, S., & Mccoy, E. L. (2000). Foraging by deep-burrowing earthworms degrades surface soil structure of a fuventic Hapludoll in Ohio. Soil &Tillage Research, 54, 179–189.
- Sierra, J., Loranger-merciris, G., & Solvar, F. (2011). Le vermicompostage en Guadeloupe. INRA, 1–5.

- SIKORA RA. 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.
- Silawat, N., Chouhan, S., Sairkar, P., Garg, R. K., Vijay, N., & Mehrotra, N. N. (2010). Estimation of bacterial diversity in soil and vermi compost using sole source carbon utilization (SSCU) profile. African Journal of Microbiology Research, 4(4), 255–266.
- Simmons, G.G. (1993). Alternaria themes and variation (63-72). Mycotaxon 48, 109-140.
- Singh K, Nath R, Rai R, Shikla RC (2013) Food Preference of Eisenia Fetida among different combinations of animal dung and agro/kitchen waste. Bot Res Int 6:23–26
- Singh, N. B., Khare, A. K., Bhargava, D. S., & Bhattavharya. (2005). Effect of initial substrate pH on vermicomposting using Perionyx excavatus (PERRIER , 1872). Applied Ecologiy and Environmental Research, 4(1), 14. https://doi.org/10.15666/aeer/0401
- Singh, S., Khwairakpam, M., & Tripathi, C. N. (2013). A comparative study between composting and vermicomposting for recycling food wastes. International Journal of Environment and Waste Management, 12(3), 231. https://doi.org/10.1504/ijewm.2013.056119
- Steinert, K. (2005). Konservierende Bodenbearbeitung auf einem Hochleistungsstandort in der Hildesheimer Börde: Kraftstoffverbrauch hatsich halbiert. Landwirtschaft ohne Pflug 3, 49
- Tabuc, C. (2007). Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse présentée pour obtenir le titre de docteur de l'institut national polytechnique de Toulouse et de l'université de Bucarest. Spécialité : pathologie, mycologie, génétique et nutrition. 190p.
- Tabuc, C. (2007). Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse présentée pour obtenir le titre de docteur de l'institut national polytechnique de Toulouse et de l'université de Bucarest .Spécialité : pathologie, mycologie, génétique et nutrition. 190p.
- Timothy, C., Paulitz, W., Richard. (2002). Smiley and James Cook R. insights into the prevalence and management of soilborne cereal pathogens under direct seeding in the pacific northwest, u.s.a. 417- 427.
- -Ton VD, Hanh HQ, Linh NG Duy GV (2009) Use of red worm (Perionyx excavates) to manage agricultural waste and supply valuable feed for poultry. Livest Res Rural Dev 21(11)
- Vaidyanathan, G., & Vijayalakshmi, A. (2017). Effect of vermicompst on grwoth and yield of tomato. European Journal of Pharmaceutical and Medical Research, 4(9), 653–656. https://doi.org/10.1177/1477370811421644
- Vander Pulten, W.H. (2003). Plant defense belowground and spatiotemporal processes in natural vegetation: *ecology*. 84: 2269-2280
- Vaubourdolle M. Infectiologie. 3e Ed, le moniteur internat, paris. 2007, 436p

- VIGOT M et CLUZEAU D, 2014, Les vers de terre. Chambre d'Agriculture de la Vienne. Vienne. 10p.
- Weltzien H.C., 1992. Biocontrol of foliar fungal diseases with compost extracts. Pp. 431-450. In: Microbial Ecology of Leaves (Andrews J.H. et Hirano S.S., eds). Springer, New York, USA
- WENZ M, 2008. L'extraordinaire pouvoir des vers de terre. BIOFIL
- 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.
- Zhang W., Han D.Y., Dick W.A., Davis K.R. et Hoitink H.A.J., 1998. Compost and compost water extract-induced systemic acquired resistance in cucumber and Arabidopsis. Phytopathology, 88: 450-455.