

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Microbiologie
Spécialité Microbiologie appliquée



Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Valorisation de l'utilisation des larves
des calliphoridae comme biofertilisant**

Présenté par:

BOUZIDI Kahina & CHABANA Rania

Soutenu le: 21-09-2021

Devant le jury composé de:

M ^r DJOUDI Ferhat	MCA	Président
M ^r AMIR Nadir	MCA	Encadreur
M ^{lle} BOUAOUD Yousra	MCB	Examinatrice

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

Avant tout, Nous remercions Dieu de nous avoir donné le courage, la patience et la santé qui nous ont permis de terminer ce mémoire.

En deuxième lieu, nous adressons nos sincères remerciements à notre encadreur Mr Amir Nadir, d'avoir accepté de nous encadrer, nous le remercions pour sa disponibilité et son aide tout le long de ce modeste travail.

On tient à exprimer notre profonde reconnaissance à Mlle Abdoun Ahlam, notre Copromotrice, pour son suivi attentif, le long de ce travail ainsi que ces encouragements et sa bonté

Nous remercions énormément Mr Djoudi Ferhat pour nous avoir fait l'honneur de présider ce jury, ainsi que Mlle Bouaoud Yousra, d'avoir accepté de lire, corriger et examiner ce modeste travail.

Nous remercions aussi Mr Nabtí El-hafid, de nous avoir permis de mener ce travail dans son laboratoire.

En fin, nos remerciements s'adressent à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

À mes sœurs Tinhinane, Lahna, Thilali et mes frères Loucif et Kouceila ainsi qu'à toutes mes nièces et mes neveux (Massilia, Ferhat, Dany, Daniel, Ghilas, Kenza et Myrina).

À toute ma famille, ma camarade Rania, mes amis, Salma, Sara, Hanane et Melissa.

À toute la promotion 2021 de microbiologie Appliquée.

Kahina

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

À mes chers parents :

Ma mère et mon père qui m'ont soutenu tout au long de ma vie par leur amour, leur protection et conseils, ils m'ont permis de ne jamais faiblir ou de baisser les bras à aucun moments.

À mes très chers frères :

Rabah, Lounas, Habib

À mes sœurs :

Asma, Fadila, Fatiha, Ndjima, Kamillia

À ma grande mère et mon grand père, mes oncles, mes tantes.

À ma binôme kahina qui ma supporté toute au long de notre travail au laboratoire et en rédaction

À mes très chères amies :

Heyat, Katia, Liza, Sarah, Lydia

À toute la famille Chabana.

Rania

Liste des tableaux

Tableau I : Composition chimique de la farine de quelques asticots.....	20
Tableau II : Les valeurs de pH-eau et pH-KCl des deux types du sol utilisés.....	28
Tableau III : Résultats de test germination.....	29
Tableau IV : Résultats de rendement d'extraction	38
Tableau V : Résultats de l'activité antifongique	39

Liste des figures

Figure 1: Photographie de <i>Lucilia sericata</i> ..	17
Figure 2 : Photographie de <i>Calliphora vicina</i>	17
Figure 3: Cycle de développement des calliphoridae	19
Figure 4 : Confection de piège pour la capture des insectes nécrophages.....	21
Figure 5 : Photographies du dispositif d'élevage.....	21
Figure6 : Préparation de la poudre de larves.....	22
Figure 7: Site de prélèvement des sols	23
Figure 8 : Tests de germination.....	25
Figure 9: Longueurs des tiges en fonction du temps (poudre des larves).....	30
Figure 10 : Longueurs des tiges en fonction du temps (suspension larvaire).....	31
Figure 11 : Poids frais des tiges avec utilisation de la poudre larvaire.....	33
Figure 12 : Longueur et poids des racines en fonction des différentes quantités et concentration de la poudre des larves.....	34
Figure13 : Longueur des tiges après 15 jours.....	36
Figure14 : Poids des tiges après 15 jours.....	36
Figure 15 : Longueur des racines après 15 jours.....	37
Figure 16 : Poids des racines après 15 jours.....	37
Figure 17 : Photographies des résultats de l'activité antifongique.....	40

Sommaires

Listé des tableaux

Liste de figure

Introduction.....1

Synthèse bibliographique

I. Agriculture et sol.....3

I.1. Agriculture.....3

I.2. Le sol3

I.2.1. Types du sol.....3

I.2.2. Rhizosphère.....4

I.2.2.1. Rhizobactéries.....4

I.2.2.2. Exsudats racinaires.....5

I.3. Organismes vivant de la rhizosphère..... 5

I.3.1. Bactéries.....5

I.3. 2. Archée.....5

I.3. 3. Phages.....6

I.3. 4. Nématodes.....6

I.3.5. Champignons.....6

I.3.6. Algues.....6

I.3.7. Protozoaires7

II. Problèmes et maladies des plantes.....7

II.1. Maladies des plantes.....7

II.1.1. Définition.....7

II.1.2. Maladies des plantes lie au sol (abiotique).....7

II.1.3. Maladies des plantes lie aux phytopathogène (biotique)..... 8

II.1.3.1. Principaux genres des champignons phytopathogènes.....8

II.1.3.2. Bactéries phytopathogènes.....8

II.1.3.3. Nématodes phytopathogènes.....9

II.1.3.4. Virus des plantes.....9

II.1.3.5. Insectes ravageurs.....	9
III. Sources biologiques naturels utilisées pour l'amélioration des sols et plantes... ..	10
III.1. Bioremédiation	10
III .2. Biofertilisation.....	10
III.2.1. Utilisation des PGPR comme biofertilisants.....	10
III.2.1.1. Mécanismes directs.....	11
III.2.1.2. Mécanismes indirectes.....	12
III.3. Fumiers et compostes.....	13
III.3.1. Fumier.....	14
III.3.2. Composte.....	14
III.4. Utilisation des insectes.....	14
III.4.1. Usage alimentaire.....	14
III.4.2. Usage industriel.....	14
III.4.3. Usage médical.....	15
III.4.4. Usage pédagogique et scientifique.....	15
III.4.5. Pour la lutte biologique.....	15
III.5. Insectes nécrophages.....	15
III.5.1. Rôle biologique des insectes nécrophages.....	16
III.5.2. Les Calliphoridae.....	16
III.5.2.1. Caractéristiques générales des calliphoridae.....	16
III.5.2.2. Position systématique des calliphoridae.....	17
III.5.2.3. Morphologie et la biologie des calliphoridae.....	17
III.5.2.4. Cycle de développement des calliphoridae.....	18
III.5.3. Composition chimique de la farine d'asticots séchés.....	19
III.5.3.1. Intérêt de l'utilisation de la poudre d'asticots pour la bio-fertilisations.....	20

Matériel et méthodes

I. Préparation de la poudre des larves.....	21
I.1. Capture des calliphoridae pour la ponte.....	21
I.2. Transfert des œufs pour l'élevage.....	21
I.3. Récolte des larves et congélation	22

I.4. Préparation de la poudre des larves.....	22
II. Étude de l'effet de la poudre des larves sur la croissance d'orge.....	22
II.1. Prélèvement du sol.....	23
II.2. Analyse physicochimique du sol.....	23
II.2.1. Humidité.....	23
II.2.2. pH.....	23
II.3. Tamisage du sol et préparation des pots.....	24
II.4. Effet de la poudre d'asticot sur la germination des graines d'orge.....	24
II.4.1. Préparation des suspensions de la poudre larvaire	24
II.4.2. Préparation des graines d'orge.....	24
II.4.3. Évaluation de l'effet de la poudre larvaire sur la germination des graines.....	24
II.5. La semis de l'orge	25
II.5.1. Mesure des paramètres de croissance de l'orge.....	26
II.5.2. Etude statistique.....	26
III. Étude de l'activité antifongique des extraits larvaires.....	26
III.1. Préparation des extraits.....	26
III.2. Détermination du rendement.....	26
III.3. Préparation des suspensions sporales.....	27
III.4. Évaluation de l'effet antifongique.....	27

Résultats et discussions

I. Propriété physicochimique du sol.....	28
I.1. Humidité	28
I.2. pH.....	28
II. Effet des suspensions larvaires sur la germination de l'orge	29
III. Effet de la poudre des larves sur les différents paramètres de croissance de l'orge.....	30
IV. Activité antifongique.....	38
IV.1. Taux d'extraction.....	38
IV.2. Évaluation de l'activité antifongique.....	39
Conclusion.....	41
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction

Introduction

La population mondiale continue à augmenter, elle est d'environ 7,7 milliards d'individus, et devrait atteindre 9.7 milliards en 2050, Il sera alors impossible de lui fournir suffisamment de nourriture (United Nations, 2019). D'où la question de la capacité de la planète à se nourrir à l'horizon 2050, et plus spécifiquement de la capacité des agricultures du monde à satisfaire les besoins alimentaires d'une population en croissance (Guyomard, 2009).

Pour que la nutrition s'améliore et que l'insécurité alimentaire et la sous-alimentation reculent, la croissance de la production agricole devraient suivre la vitesse de la croissance démographique.

Tous les agriculteurs partent du principe que pour avoir des cultures saines, il faut que le sol, qui constitue la ressource fondamentale pour la production de nourriture, soit bien nourri et bien cultivé. Beaucoup d'agriculteurs biologiques, utilisant les fumiers et compost pour la fertilisation du sol (Michael et Lee, 1998), car la carence d'éléments du sol engendre la diminution de rendement agricole.

La relation symbiotique entre les sols et la végétation est plus manifeste dans le secteur agricole, des sols sains sont essentiels pour assurer une croissance régulière de la végétation (Berner et *al.*, 2013). Des engrais chimiques sont utilisés comme solution pour supplémenter le sol en éléments essentiels tel que l'azote. L'application exagérée de ces engrais chimiques, accompagnée de l'émission excessive de l'oxyde nitreux dans l'atmosphère dû à d'autres activités humaines ont provoqué un déséquilibre du cycle global de l'azote (Lassaletta et *al.*, 2014). Ainsi des pesticides et des fongicides sont utilisés afin d'éliminer les phytopathogènes qui provoquent de graves problèmes et maladies sur les plantes.

L'application illimitée des engrais chimiques dans les sols peut entraîner la pollution de l'environnement et les eaux souterraines. Les inconvénients de l'utilisation des produits chimiques ont conduit à la recherche d'autres méthodes alternatives pour la protection des végétaux, qui sont moins dépendantes des produits chimiques, plus respectueuses de l'environnement et moins nocif pour la santé (Prapagdee et *al.*, 2008).

Parmi les méthodes alternatives ; les méthodes biologiques sont les plus répandues telles que l'utilisation des PGPRs qui stimulent la croissance des plantes, en augmentant le prélèvement des éléments nutritifs du sol, et diminuent ou empêchent les effets délétères

Introduction

d'un ou plusieurs organismes phytopathogènes (Hallaman et *al.*, 1997). Une autre solution, est l'utilisation des déchets d'animaux pour l'amélioration de la structure et l'activité biologique qui contribuent à maintenir l'humus du sol (Jobin et Petit, 2004).

De nombreux chercheurs ont misé sur les insectes comme solution aux problèmes de fertilité (Viroje et *al.*, 1989). La production des asticots est actuellement une activité en plein développement notamment en Chine, aux États-Unis, en Europe, et en Afrique du Sud appuyés par plusieurs travaux notamment ceux de Hardouin (2000), Tegua et *al.* (2002), Mensah et *al.* (2007) et Bouafou (2011).

Le présent travail est basé sur la valorisation de l'utilisation des larves des calliphoridae comme une solution biologique pour améliorer la fertilité et constituer une source majeure d'azote qui est un élément indispensable pour les végétaux. L'effet de la poudre de larves a été testé sur :

- La germination de l'orge.
- La croissance de l'orge.
- L'activité de quelques champignons phytopathogènes.

Chapitre I
Synthèse
Bibliographique

I. Agriculture et sol

I.1. Agriculture

L'agriculture et la production agricole baissent chaque année ; presque un million d'hectares de terre agricole sont abandonnés, à cause des problèmes de fertilité des sols qui ne peuvent pas être toujours résolus de manière purement technique (Berner et *al.*, 2013). L'agriculture dépend fortement de la fertilité du sol qui favorise la croissance des plantes. C'est pourquoi les sols épuisés ou malade ont besoins d'assainissements et d'amélioration pour assurer les besoins nutritionnels (Latiri, 2002).

I.2. Le sol

Le sol est la couche supérieure de la croûte terrestre, composé de matière minérale, de matière organique, d'eau, d'air et d'organisme (Barles et *al.*, 1999). C'est l'un des principaux substrats de la vie sur terre, servant de réservoir d'eau et de nutriment, de moyen de filtration et de décomposition des déchets nocifs et participant au cycle du carbone et d'autres éléments à travers l'écosystème mondial (Sposito, 2020). Il constitue le support de vie d'une très grande variété d'organismes vivants tel que les champignons, bactéries, insectes, vers et d'autre mammifères (Carnavelet, 2018). Il résulte de l'action conjuguée des altérations des roches mères du sous-sol et de la décomposition de la matière organique sous l'effet de divers facteurs (climats, nature de la roche mère, activité biologique...etc) (Bouras, 2014).

I.2.1. Types du sol

Le sol est une ressource naturelle qui peut être classée en plusieurs types, chaque type possède des caractéristiques distinctes qui offrent certains avantages. La texture d'un sol dépend de la taille des particules qui le composent et sa teneur en nutriment (Phoebe, 2016).

a. Sol sableux: ce type du sol est composé des grains de sable. Il caractérisé par sa forte perméabilité à l'eau et sa faible capacité de rétention d'eau et d'échanges de nutriments (van Wambeke, 1992).

b. Sol limoneux: ce sol est composé de limon de taille moyenne, d'un diamètre allant de 0,002 à 0,05 mm, Sa texture est située entre l'argile et le sable (Ritchey et *al.*, 2015).

Synthèse bibliographique

c. Sol argileux : l'argile est la plus petite particule du sol, mesurant moins de 0,002 mm de diamètre (Ritchey et *al.*, 2015). Ce sol est très compact, il ne laisse circuler ni l'eau, ni l'air. C'est un sol fertile car il retient bien l'eau (Ralp, 1939).

d. Sol humifère : Un sol très riche en matière organique, l'eau y s'écoule facilement, mais ce sol reste humide suffisamment pour être excellent pour l'agriculture. Il est généralement de couleur foncée, frais, et riche (Clementine, 2013).

I.2.2. Rhizosphère

Le terme rhizosphère dérive d'un mot grec « Rhizo » qui veut dire racine et « Sphère » qui désigne le champ d'influence (Morgan et *al.*, 2005). La rhizosphère définie pour la première fois par Lorenz Hiltner en 1904 comme « la zone du sol dans laquelle la microflore est influencée par les racines des plantes ». La rhizosphère est définie aujourd'hui comme étant le lieu d'interactions entre le sol, la plante et les microorganismes. Ces interactions dépendent des conditions physiques du milieu et des organismes mis en jeu (Norini, 2007). Les composantes physico-chimiques et biologiques de la rhizosphère diffèrent nettement de celles d'un sol cultivé et non cultivé (Morgan et *al.*, 2005 ; Cregut, 2009). Ces interactions sont bénéfiques pour les plantes, améliorent la fertilité des sols et augmentent la dégradation des produits chimiques toxiques (Lynch et *al.*, 2001).

I.2.2.1. Rhizobactéries

Les rhizobactéries sont des bactéries qui présentent l'aptitude à coloniser les racines d'une façon intense (Schroth et Hancock, 1981, 1982). Elles ont été regroupées sous le nom de rhizobactéries favorisant la croissance des plantes (PGPR), (Podile et Kishore, 2007). Elles constituent une microflore compétitive, lorsqu'elles sont réintroduites par inoculation végétale dans un sol. Elles exercent un effet bénéfique sur la croissance des plantes (Schroth et Kloepper, 1978). Ces bactéries appartiennent à différents groupes taxonomiques. Les PGPR les plus fréquemment identifiés sont des *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus*, *Azospirillum*, des *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Rhizobium* et des *Serratia spp*, *Flavobacterium* (Bakker et *al.*, 1991 ; Kloepper, 1992). Dans la plupart des cas, un seul PGPR a souvent plusieurs modes d'action, y compris la lutte biologique (Vessey, 2003).

Synthèse bibliographique

I.2.2.2. Exsudats racinaires

Les exsudats sont des composés solubles de faible poids moléculaire libérés par les racines sous forme de mucilage dans la rhizosphère (Whipps, 1990). Ils sont majoritairement des acides organiques, des enzymes, des ions inorganiques, mais ce sont également des sucres, des acides aminés, des phénols, des vitamines, des purines, et des nucléosides. Ces derniers vont avoir un effet direct ou indirect sur l'acquisition des éléments minéraux nutritifs nécessaires à la croissance des plantes et des microorganismes (Dakora et Phillips, 2002 ; Jones et *al.*, 2004 ; Bais et *al.*, 2006).

Ces sécrétions libérées par les racines attirent les microorganismes par chimiotactisme et permettent leur colonisation et multiplication, elles constituent une source d'énergie et de nutriment importante (Sullivan, 2004).

I.3. Organismes vivant de la rhizosphère

Un grand nombre d'organismes macroscopiques et microscopiques tels que les protozoaires, les algues, les bactéries et champignons et les archées coexistent dans la rhizosphère, la présence de ces organismes est essentielle pour la nutrition et la santé des plantes (Bever et *al.*, 2012 ; Whipps, 2004).

I.3.1. Bactéries

Les bactéries sont les microorganismes les plus abondants dans les rhizosphères, un gramme de sol sec pourrait contenir de 10^7 à 10^{10} bactéries correspondant à plusieurs milliers d'espèces différentes (Gobat et *al.*, 2004). Les bactéries du sol Gram positif sont dominantes, les principaux groupes sont : les *Corynébactéries*, les *Actinomycètes*, les *Mycobactéries* et les *Nocardiformes*. Et les genres les plus communément isolés sont les : *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, *Achromobacter* et *Bacillus*, dans les couches aérobies alors que les bactéries de genre *Clostridium* sont dominantes dans les conditions anaérobies. Les variations du potentiel nutritionnel du sol favorisent l'apparition des bactéries autotrophes du cycle de l'azote : *Nitrosomonas* et *Nitrobacter* et du soufre : *Thiobacillus* (Bousseboua, 2005).

I.3.2. Archée

Dans l'écosystème naturel, les archées constituent également une composante majeure

Synthèse bibliographique

de la population microbienne (Garima et *al.*, 2016). Cependant, leur diversité est moins connue par rapport aux bactéries. La plupart des archées mesurent entre 0.1 micromètre et 15 micromètres (0.015 mm). Dans le cycle d'azote sur terre, l'oxydation de l'ammonium est en grande partie assurée par les archées *crenarchaeota* (Sezonov, 2008).

I.3. 3. Phages

En général, les phages sont abondants dans les sols où des hôtes bactériens peuvent être trouvés. À titre d'exemple, les phages actifs contre le rhizobia doivent être détectés dans les champs des légumineuses (Sharma et *al.* 2005).

I.3. 4. Nématodes

La majorité des espèces nématodes, sont des habitants du sol inoffensifs même si quelques espèces provoquent des graves dommages sur les végétaux. Ils sont de forme vermiforme, très simple, la taille des adultes des plus petites espèces, mesure moins de 0.25mm et les plus grandes espèces peuvent dépasser 9cm. La majorité des nématodes sont détritivores, herbivores ou prédateurs (Carnavalet, 2018).

I.3.5. Champignons

Les champignons sont des organismes microscopiques qui forment de longs filaments dans le sol. Leurs activités métaboliques sont multiples et fondamentales à l'équilibre écologique des sols, par leurs interactions avec les systèmes racinaires des plantes. Ils sont des décomposeurs importants dans la chaîne trophique du sol. Ils transforment des matériaux organiques difficiles à digérer en composés simple facilement assimilable par d'autres organismes. De nombreux travaux indiquent la prédominance de: *Trichoderma* et *Mucor*, *Aspergillus*, alors que *Rhizopus*, *Fusarium*, *Zygorhynchus*, *Cephalosporium*, *Cladosporium* et *Verticillium* sont couramment isolés (Bousseboua, 2005 ; Noumeur, 2008).

I.3.6. Algues

Les algues sont des organismes photo-autotrophes, considérées comme relativement peu abondantes dans le sol. Ils ont la capacité de transformer l'énergie lumineuse et les éléments nutritifs à des composés organiques grâce à la présence de la chlorophylle. Les

Synthèse bibliographique

algues du sol incluent des espèces coccoïdes ou filamenteuses. Les groupes les plus courants sont des *Chlorophyceae* (Bousseboua, 2005).

I.3.7. Protozoaires

Les protozoaires sont les régulateurs de la vie microbienne des sols. Ce sont de petits organismes d'un diamètre de 10-100 µm pouvant s'associer en colonies prédatrices très efficace. Ils se nourrissent principalement des bactéries sans dédaigner les champignons ou encore si nécessaire, elles se dévorent entre espèces voisines. A des conditions défavorables ce microorganisme peut s'enkyster, et attendre ainsi plusieurs années dans le sol (Carnavalet, 2018).

II. Problèmes et maladies des plantes

II.1. Maladies des plantes

II.1.1. Définition

Une maladie des plantes peut être définie comme une succession de réponses invisibles et/ou visibles à un microorganisme phytopathogène ou à la modification d'un facteur environnemental qui provoque des bouleversements de forme, de fonction ou de l'intégrité de la plante (Sarah et *al.*, 2008).

II.1.2. Maladies des plantes lie au sol (abiotique)

Pour la plantation, il faut choisir un sol qui doit être fertile et riche en éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium (N-P-K)), car l'absence ou la déficience d'un élément nutritif contribuera à l'affaiblissement de la plante et l'apparition des carences des conditions minérales du sol (Knudsen, 2013). Par titre d'exemple, la carence d'azote peut causer le jaunissement des feuilles, et un faible développement des plantes. Le manque de Phosphore provoque un changement de couleur des feuilles âgées en bleu-vert et sa chute, les tiges et les racines se développent peu. La carence de Potassium rendre les feuilles jaune-brun, des taches nécrotiques peuvent apparaître (DU SOL, 2006).

Certaine excès d'élément nutritifs peut aussi conduire à certaines maladies, des apports trop importants en azote, par exemple vont favoriser le développement des pucerons ou de psylles. La plante suite à apport important d'azote, va alors augmenter la production des glucides, qui est une substance très appréciée des ravageurs (DU SOL, 2006).

Synthèse bibliographique

II.1.3. Maladies des plantes lie aux phytopathogènes (biotique)

Ce sont les maladies causées par l'action d'agents pathogènes tels que les virus, les bactéries, les champignons, les protozoaires et les nématodes. Ces parasites sont généralement infectieux car ils envahissent l'hôte et s'y multiplient (Lepoivre, 2003).

II.1.3.1. Principaux genres des champignons phytopathogènes

La majorité des maladies des plantes sont causées par les champignons telluriques (Belabid et *al.*, 2004). Ils sont à l'origine de nombreuses infections des feuilles, des racines, des fruits, ou des maladies systématiques provoquant des dépérissements généralisés (Mariaux, 1999). Parmi ces champignons phytopathogènes, les plus souvent attaque les plantes On trouve, *Aspergillus sp* qui est un champignon filamenteux ascomycète de l'ordre des Eurotiales qui transforment en masses noires pourries et se couvrent du mycélium fongique ou des spores. Ces maladies causent la mortalité et réduisent les rendements de 25 à 50% (Pal et *al.*, 2014). Les *Penicillium* qui sont des champignons filamenteux, appartenant au phylum des Ascomycètes, tel que *penicillium digitatum* qui cause la pourriture verte des agrumes, les *Fusarium* qui appartenant à la classe des Deutéromycètes tel que *Fusarium culmorum* qui provoque Fusarioses des céréales (Blancard, 1997). D'autres tel que *Alternaria alternata* responsable des maladies, telles que l'alternariose des tomates, carottes, et Pomme de terre (Peruch et *al.*, 2006), *Botrytis cinerea* provoque la Pourriture grise de la tomate (Elad et *al.*, 2016).

II.1.3.2. Bactéries phytopathogènes

En plus des maladies fongiques, certaines bactéries sont recensées comme étant des agents pathogènes des végétaux tels que *Erwinia spp*, *Agrobacterium tumefaciens* et *Streptomyces scabies*, *Pseudomonas syringae* (Messiaen et *al.*, 1991). Elles pénètrent dans la plante par des blessures ou des ouvertures naturelles (stomates, pores aquifères, lenticelles) (Corbaz, 1990). Parmi les maladies causées par des bactéries; la moucheture bactérienne provoquée par *Pseudomonas syringae* qui touche surtout la tomate (Lacroix, 2012), Chancre bactérien causée par *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* peut toucher les feuilles, tiges et fruits des plantes (Chauv et Jonathan, 2000), feu bactérien causée par *Erwinia amylovora* ainsi peut toucher les feuilles, tiges et fruits des plantes (Cesbron, 2009).

II.1.3.3. Nématodes phytopathogènes

Les nématodes parasites des plantes sont des ectoparasites (*Paratrichodorus trichodorus*), qui attaquent les parties externes des plantes, se nourrissent des tissus racinaires tels que l'épiderme et le cortex, et lorsque leur stylet est assez long, de tissus vasculaires (Brodie, 1984). Les nématodes endoparasites, qui passent au moins une partie de leur cycle de vie dans les tissus de la plante-hôte, qui pénètrent habituellement dans les racines, et se nourrissent et se reproduisent dans les tissus racinaires. Certains envahissent aussi les bulbes, les feuilles et les tiges telles que *Meloidogyne hapla* Chitwood, *Meloidogyne irzognita*, *G. rostochiensis*. Quelques nématodes causent peu des dommages pour les plantes, mais sont des vecteurs des virus (Richard, 1994).

II.1.3.4. Virus des plantes

Les virus des plantes sont des parasites obligatoires : ils ne peuvent se multiplier que dans des plantes ou des organes végétaux vivants, et vont détourner à leur profit la machinerie cellulaire de l'hôte. De nombreux virus (Cucumber mosaic virus. CMV, Tomato mosaic virus. ToMV, Lettuce mosaic virus. LMV) provoquent sur le feuillage des symptômes de mosaïque, c'est à dire une coloration irrégulière bien visible au niveau des jeunes feuilles. Il y'a d'autres maladies virales provoquent des jaunissements du feuillage, souvent plus marqués sur les feuilles âgées (Lecoq, 2008).

II.1.3.5. Insectes ravageurs

Les insectes phytophages sont par définition de potentiels nuisibles (Gourmel, 2014). Ils occasionnent des dégâts le plus souvent en se nourrissant sur le végétal (Noël, 2017). On compte également parmi les ravageurs les insectes vecteurs des bactéries et des virus. L'insecte peut être directement porteur des pathogènes ou leur permette d'entrer dans les tissus végétaux par les lésions qu'il cause. Parmi les insectes ravageurs on trouve le Puceron vert (*Aphispiraeicola*) des agrumes, Pentatomidae (*Edessasp*) qui est un ravageur de Concombre, Tomate, Haricot....(Gourmel, 2014).

III. Sources biologiques naturels utilisée pour l'amélioration des sols et plantes

III.1. Bioremédiation

La bioremédiation est un ensemble des techniques mettant en œuvre des procédés de bio-dépollution, afin de détruire ou de rendre moins toxiques les polluant qui se retrouve dans le sol, Elle est fondée sur l'utilisation des activités biologiques naturelles telles que les souches microbiennes (bactéries et/ou champignons) (Pierre et Vincent, 2000 ; Abdelly, 2007). Il existe des microorganismes capables de dégrader les polluants telles que les pétroles, les huiles et les graisses, les hydrocarbures mono et polycycliques, les BPC (biphénylpolychlorés), ainsi que l'élimination des composés ayant des effets néfastes pour l'environnement (Biogénie, 1994).

Les principales technologies utilisées dans la bioremédiation sont les suivantes :

- a. **Biodégradation:** Décomposition d'un substrat organique, par l'action des microorganismes vivants comme les bactéries, les champignons ou les algues. Généralement ces microorganismes sont sélectionnés sur la base de leur aptitude à dégrader les composés organiques présents dans le site à dépolluer (Abdelly, 2007).
- b. **Bioréduction :** Réduction des composés oxydés (oxydes métalliques) par voie biologique (Hellalenp, 2001).
- c. **Biolixiviation :** c'est une méthode de solubilisation des métaux lourds grâce à des bactéries acidophiles fonctionnant en présence ou en absence d'oxygène. Dans deux facteurs sont importants ; la température qui doit être comprise entre 25 et 35 °C, et la taille des particules qui doivent être très proches de celle des bactéries (Abdelly, 2007).
- d. **Biofixation / Biosorption :** Fixation des polluants qui sont la plupart du temps métalliques, présents dans un effluent liquide (Hellalenp, 2001).

III .2. Biofertilisation

III.2.1. Utilisation des PGPR comme biofertilisants

Les PGPR améliorent la croissance des plantes en améliorant la disponibilité des nutriments, augmentant l'absorption des nutriments et améliorant la résistance des plantes

Synthèse bibliographique

aux stress biotiques et abiotiques (Mesa et *al.*, 2015). Ces derniers stimulent la croissance de la plante d'une manière directe ou indirecte :

III.2.1.1. Mécanismes directes

➤ **Fixation d'azote (Diazotrophie) :**

La croissance et le développement des plantes dépendent de la disponibilité de l'azote. Dans l'atmosphère l'azote constitue 78% sous forme gazeux (N_2) non assimilable par les plantes (Richlefs et Miller, 2005). Les PGPR fixatrice d'azote ont la capacité de transformer l'azote (N_2) atmosphérique par un complexe enzymatique qui s'appelle nitrogénase en ammoniac puis le fournir aux plantes (Weyens et *al.*, 2010 ; Arora et *al.*, 2012).

➤ **Solubilisation de phosphate :**

Le phosphore (P) est, un élément important pour la croissance et le développement des végétaux (Holford, 1997). Il est l'un des éléments qui a un rôle essentiel dans le métabolisme de la plante. La plupart du phosphore se retrouve sous forme insolubles dans le sol qui n'est pas disponibles pour les plantes (Yazdani et *al.*, 2009). Des souches bactériennes appartenant au genre *Pseudomonas*, *Bacillus* et *Rhizobium* sont parmi les meilleurs pour cette fonction de solubilisation (Mehta, 2013). La solubilisation se fait par deux mécanismes :

La solubilisation par des bactéries produisent des acides organiques et relâchent des protons, qui à travers leurs groupements carboxyliques, chélates les cations fixés aux phosphates insolubles ce qui permet de les convertir en formes solubles (Taktek, 2015).

Le deuxième mécanisme c'est par la minéralisation des composés de (P) organique par la libération d'enzymes extracellulaires qui ont la capacité de catalyser l'hydrolyse des liaisons esters phosphoriques et d'anhydrides d'acides en libérant du phosphate soluble (Patel et *al.*, 2009).

➤ **Production des sidérophores :**

Le fer est un nutriment vital pour presque toutes les formes de vie (Neilands, 1995) et fait partie des oligoéléments essentiels des végétaux. Dans l'environnement le fer est comme le phosphore souvent retrouvé sous forme non disponible, (Siddiqui, 2005). Son

Synthèse bibliographique

absorption nécessite alors un transporteur. Les sidérophores sont des composés organiques produits par des microorganismes qui se fixent avec le fer ferrique (Fe^{3+}) qui est sous forme insoluble dans le sol et le transforment en fer ferreux (Fe^{2+}) soluble assimilable par les plantes (Pal et Gardener, 2006). Ils sont également utilisés dans la lutte biologique contre les champignons phytopathogènes (Glick et Pasternak, 1998).

➤ **Production des phytohormones :**

Les phytohormones sont des substances organiques naturelles synthétisées d'une façon endogène par les tissus de la plante ou exogène par des micro-organismes associés. Les PGPR produisent différentes phytohormones comme : l'AIA (Acide indole acétique : auxines), l'acide gibbérellique et les cytokines. Ce sont des petites molécules de signal produites en très faible concentration influençant les processus biochimiques, physiologiques et morphologiques dans les plantes (Han et *al.*, 2005 ; Baca et Elmerich, 2007 ; Kloepper et *al.*, 2007 ; Martinez et *al.*, 2010).

III.2.1.2. Mécanismes indirectes

➤ **Compétition :**

La compétition est un mécanisme biologique utilisé par les PGPR pour éliminer les phytopathogènes cette compétition entre les micro-organismes concerne soit l'espace et les nutriments ou bien sur autres facteurs environnementaux qui deviennent limitatifs pour leur croissance (Dommergues et Mangenot, 1970 ; Shameer et Prasad, 2017). Une colonisation importante des racines par les bactéries bénéfiques permet de réduire le nombre des sites habitables pour les micro-organismes pathogènes et inhibe leur développement et leur croissance (Piano et *al.*, 1997). Le PGPR doit être présent sur les racines en nombre suffisant pour avoir un effet bénéfique et capable d'instaurer une compétition pour les nutriments dans la rhizosphère (Haas et Defago, 2005). Les PGPR inhiberont la croissance des pathogènes d'une part, et favoriseront celle des plantes, d'une autre part (Pal et *al.*, 2006).

➤ **Antibiose :**

C'est le mécanisme le plus efficace utilisé par les PGPR pour contrôler les maladies des plantes causées par les pathogènes (Harman et Shores, 2007). Ce mécanisme

Synthèse bibliographique

consiste à produire des antibiotiques qui sont des molécules bioactives de métabolisme secondaire qui sont volatiles ou non-volatiles qui limitent la croissance des agents pathogènes (Corbaz, 1990 ; Babalola, 2010 ; Shameer et Prasad, 2017).

➤ **Production d'enzymes :**

Les PGPR produit des enzymes qui ont une capacité de lyser des parois cellulaires pour contrôler les champignons pathogènes. Les enzymes synthétisées sont : les cellulases, chitinases et les gluconases (Woo et Lorito, 2007). La chitinase est l'enzyme la plus importante et la plus puissante car la chitine est l'élément majeur de la paroi cellulaire de nombreuse champignons ce qui permet la dégradation de leur paroi et inhibe leur croissance (Tarkka et *al.*, 2008).

➤ **Parasitisme :**

Ce mécanisme consiste en une interaction directe entre deux microorganismes où les tissus vivants de l'un constituent une base nutritive pour l'autre (Helluy et Holmes, 2005). Il implique l'invasion des cellules de l'agent pathogène par le microorganisme antagoniste qui utilise des enzymes lytiques telles que les glucanases, les chitinases et les lysozymes pour dégrader les parois de l'agent pathogène (Corbaz, 1990).

➤ **Résistance systémique induit :**

La RSI (résistance systémique induit) est une forme de résistance stimulée spécifiquement par des rhizobactéries PGPR. Possédaient la capacité de réduire l'impact de plusieurs maladies racinaires chez une multitude des plantes cultivées (Kloepper, 1991 ; Paulitz et *al.*, 1992). Il rend l'hôte beaucoup plus résistant aux futures agressions des agents pathogènes (virus, bactéries et champignons), l'induction d'une telle capacité de défense est systémique (Ramamoorthy et *al.*, 2001 ; Bent, 2005).

III.3. Fumiers et compostes

Les fumiers et les compostes sont avant tout des amendements de sol. Ils améliorent la structure, augmentent l'activité biologique et contribuent à maintenir l'humus du sol par l'amélioration de la rétention d'eau et la stabilité des agrégats et la capacité d'échange cationique du sol. Ils sont souvent utilisés comme fertilisants (Jobin et Petit, 2004).

III.3.1. Fumier

Le fumier est une matière organique (excréments d'animaux et pailles) utilisée comme produit fertilisant dans l'agriculture. Les fumiers contribuent à enrichir la terre en y ajoutant des matières organiques et des nutriments (Amouzou, 2003), comme l'azote qui est présent principalement sous forme ammoniacale et organique, les nitrates étant relativement peu importants alors qu'une forte proportion du phosphore (75-85%) est inorganique, le fumier contient également d'autres éléments majeurs tels le calcium, le sodium, le magnésium et le soufre, ainsi que des oligo-éléments comme le cuivre, le zinc, le bore et le manganèse (Jobin et Petit, 2004).

III.3.2. Composte

Le Composte est un engrais organique peu coûteux. C'est du matériel organique décomposé, comme des restes des plantes et/ou du fumier animal. La plupart de ces ingrédients sont facilement trouvés autour de la ferme. L'ajout du compost aux sols sableux peut augmenter la capacité de la rétention d'eau, qui reste donc plus longtemps disponible aux plantes en périodes de sécheresse (Inckel et *al.*, 2005).

III.4. Utilisation des insectes

Les insectes sont indispensables au bon fonctionnement de pratiquement tous les écosystèmes. Les utilisations des insectes sont multiples :

III.4.1. Usage alimentaire

Les insectes sont des alternatives alimentaires saines pouvant s'intégrer aux aliments de base de la volaille, des porcs, des bovins et même des poissons. De nombreux insectes sont riches en protéines et en lipides, et possèdent de fortes teneurs en calcium, en fer et en zinc. Élever les insectes ne nécessite pas de grands moyens, ils peuvent être nourris avec des déjections organiques (FAO, 2014).

III.4.2. Usage industriel

Les insectes sont utilisés aussi en industrie pour la production, à titre d'exemple l'apiculture pour produire de miel et l'élevage des vers à soie pour la production de soie (Charles, 2018).

III.4.3. Usage médical

Les insectes sont utilisés en médecine dans plusieurs domaines. On ne citera ici que quelques exemples. On utilise par exemple les asticots, larve de mouche pour la détersion des plaies, le miel des abeilles qui favorise la bonne cicatrisation d'une plaie, la gelée royale et la propolis pour ses propriétés immunostimulantes, ou bien le venin de certain hyménoptère comme les guêpes pour la fabrication de sérum en cas de piqûre par ces dernières (Charles, 2018).

III.4.4. Usage pédagogique et scientifique

L'élevage d'insectes se fait dans des terrariums, où est contrôlé la température, l'humidité et le substrat de l'espèce. Cela permet d'observer le cycle de l'insecte et son mode de vie (Charles, 2018).

III.4.5. Pour la lutte biologique

Certaines entreprises sont spécialisées dans la lutte contre des insectes ravageurs tels que le moucheron ravageur. En effet au lieu d'utiliser des insecticides conventionnels, on peut utiliser la coccinelle ou encore le trichogramme qui se nourrit des œufs de moucheron. L'avantage de cette méthode est d'avoir une action ciblée qui s'autorégule dans le temps, à l'inverse des pesticides conventionnels qui bien souvent, ne ciblent pas qu'une espèce et souillent les cours d'eau et les nappes phréatiques (Charles, 2018).

III.5. Insectes nécrophages

Parmi ces insectes, les Diptères nécrophages sont les plus omniprésents dans les écosystèmes anthropiques, leur contribution dépasse largement celle des vertébrés (Wyss et Cherix, 2006). Les mouches nécrophages sont recensées dans plusieurs familles (26 familles sont fréquemment citées dans la littérature) mais seuls six familles sont couramment rencontrées sur les cadavres et y effectuent leur cycle de développement. Il s'agit des Calliphoridae, des Sarcophagidae, des Fanniidae, des Muscidae, des Piophilidae et des Phoridae (Byrd et Castner, 2001 ; Wyss et Cherix, 2006). Dans chaque genre il y a une ou plusieurs espèces nécrophages dont les larves peuvent effectuer leur cycle complet sur des cadavres d'animaux ou humains (Wyss et Cherix, 2014). Ils se nourrissent des tissus cadavériques et/ou des liquides de décomposition (Dekeirsschieter et *al.*, 2014).

III.5.1. Rôle biologique des insectes nécrophages

Les mouches nécrophages sont associées à la décomposition des tissus organiques et participent à la pollinisation des plantes (Gaudry et *al.*, 2007). Leur régime alimentaire est directement lié à la présence d'un cadavre. Ce sont donc les véritables nécrophages qui vont se nourrir exclusivement de ce substrat (Damien, 2008). Elles sont utilisées pour estimer l'intervalle post mortem minimum (Byrd et Castner, 2009). Certaines larves des mouches sont impliquées dans le traitement des plaies « asticothérapie » (Bonn, 2000).

III.5.2. Les Calliphoridae

III.5.2.1. Caractéristiques générales des calliphoridae

Cette famille contient les mouches communément observées autour des cadavres et des excréments, pendant les mois chauds d'été. Elle contient plus de 1 000 espèces et les membres de cette famille peuvent être trouvés dans le monde entier. C'est un très grand groupe de mouches de taille moyenne à grande (4 à 16mm) (Byrd et Castner, 2010). La majorité des espèces possèdent des reflets bleus ou verts métalliques ou simplement noir avec une longue pilosité dorée sur le thorax, les larves sont des asticots de couleur habituellement blanche ou crème (Wyss et Chérix, 2006).

Les Diptères Calliphoridae colonisent un corps très rapidement après la mort, alors qu'aucune odeur n'est encore perceptible par l'odorat humain. Ces espèces ont un système olfactif particulièrement développé qui leur permet de détecter la présence d'un corps à très grande distance (Braack, 1987 ; Kelling et *al.* 2003). *Lucilia sericata* (Figure 1) et *Calliphora vicina* (Figure 2) font partie des espèces les plus importantes en entomologie forensique par l'utilisation de leurs larves dans l'estimation des Intervalles post-mortem (IPMs) (Wyss et Cherix, 2006).



Figure1: *Lucilia sericata* (Milton,2018) **Figure2:** *Calliphora vicina* (Fernando, 2018)

III.5.2.2. Position systématique des calliphoridae

Selon Marshall (2012) les calliphoridae ont classé comme suit :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

○ Sous-embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

○ Sous-classe : Pterygota

○ Infra-classe : Neoptera

○ Super-ordre : Endopterygota

Ordre : Diptera

○ Sous-ordre : Brachyceres

Famille : Calliphoridae

III.5.2.3. Morphologie et la biologie des calliphoridae

La famille des Calliphoridae regroupant un grand nombre d'espèces, la plupart sont des mouches nécrophages (Rueda et *al.*, 2010). Elles ont l'aspect des mouches au corps robuste qui est une suite de segments divisée en tagmes ; la tête, le thorax et l'abdomen ; la tête qui porte une paire d'antennes qui permet à l'insecte de percevoir les odeurs et les saveurs, Deux yeux à facettes (ommatidie) Appelés aussi yeux composés, des pièces buccales (les lèvres, les mandibules et les mâchoires) de type suceur-lécheur avec une trompe, Le thorax qui compose de prothorax, le mésothorax et le métathorax, Chacun

Synthèse bibliographique

de ces segments porte une paire de pattes ambulatoires, les deux derniers pouvant porter une paire d'ailes, constituent chez les Ptérygotes, le prothorax. L'abdomen comprend originellement une douzaine de segments, Par suite des fusions ou des télescopages, il en comporte souvent un nombre visible bien moindre. En général, on peut admettre que l'abdomen se termine, par l'anus, sur l'II-Emme segment, quant au processus génital, il est porté par le 9^{ème} (Roth, 1980).

III.5.2.4. Cycle de développement des calliphoridae

Les Calliphoridae ont un cycle de développement holométabole c'est-à-dire métamorphose complète : l'œuf, la larve, la nymphe et l'adulte ou imago. Le stade larve est composé de trois étapes de croissance (Wall, 1993).

Après l'accouplement, les femelles adultes pondent des grappes entre 100 à 300 œufs (oviposition), à la fois, sur les plaies, sur les cadavres ou toute matière organique en décomposition préférentiellement au niveau des orifices naturels (Amendt et *al.*, 2004). La durée d'éclosion des œufs est très étroitement dépendante de la température. Elle peut ainsi varier d'une dizaine à une centaine d'heures (Lemonnier et Reguardat, 2012). Les larves qui sortent après éclosion s'enfoncent rapidement dans le substrat où les œufs ont été pondus. La période larvaire passe par trois stades (L1, L2 et L3) entrecoupés de mue (Lemonnier et Reguardat, 2012). Les larves après avoir cessé de s'alimenter, les asticots, alors appelées prépupes, quittent le corps et recherchent un site favorable à la pupaison, pour s'empuper et se transformer en nymphes (Gomes et *al.*, 2005 ; Turner ,2005 ; Wyss et Cherix, 2006).

Après le développement nymphale le jeune imago émerge de la pupa après avoir incisé une fente circulaire sur l'un des deux bouts du puparium (Lemonnier et Reguardat, 2012) et le cycle recommence (Figure 3).

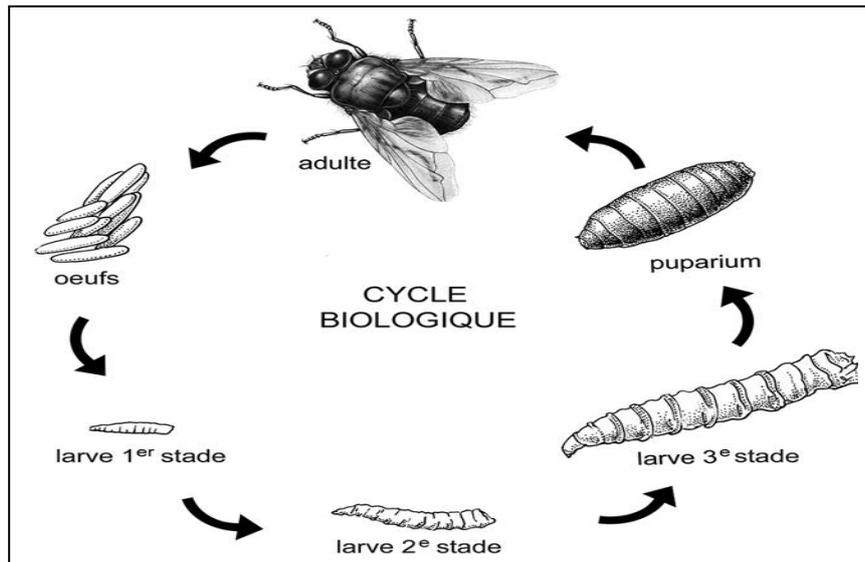


Figure3 : Cycle de développement des calliphoridae (Huchet, 2017).

III.5.3. Composition chimique de la farine d'asticots séchés

La composition de la farine des asticots diffère selon le substrat nutritionnel utilisé par les larves, le taux des minéraux déterminé dans la farine d'asticots est de 7,33 % de matières sèches (Bouafou et *al.*, 2007). Les données rapportées par Nzamujo (1999) indiquent que le taux des minéraux déterminé est de 9,10 % de matières sèches. Il semble donc que la farine d'asticots est une source alimentaire relativement pauvre en minéraux. Par contre, sa composition chimique montre qu'elle constitue une source abondante des protéines (47,50-52,23 %) (Bouafou et *al.*, 2007, 2008). La composition chimique des asticots dépendrait de leur stade de développement larvaire et le substrat utiliser (Ekoue et Hadzi, 2000 ; Bouafou, 2007). Le tableau suivant résume la composition chimique de la farine d'asticots séchés en pourcentage de matières sèches selon quelques auteurs.

Synthèse bibliographique

Tableau I : Composition chimique de la farine de quelques asticots (en % de matières sèches)

Sources	Type de mouche	Nutriments					
		Protéines	Matières grasses	Matières sèches	Cendres	K ⁺	Ca ⁺⁺
Nzamujo, 1999	<i>Hermetia illucens</i>	47.50-50.10	19.30	24.70	9.10	1.30	1.50
Sogbessan et al., 2006	<i>Musca domestica</i>	47,50-54,00	19,30	ND	9,10	1,30	1,50
Bouafou et al., 2007	<i>Calliphora</i>	52,23	24,43	92,51	7,33	0,10	0,60
Bouafou et al., 2008	<i>Calliphora</i>	50,17	35,41	93	6,57	0,58	0,70
Ouédraogo et al., 2015	<i>Musca domestica</i>	59,65	22,25	91,56	8,30	ND	ND

ND: Non Déterminé

III.5.3.1. Intérêt de l'utilisation de la poudre d'asticots pour la biofertilisations

La poudre d'asticots peut être utilisée dans le domaine agricole comme un bio-fertilisant naturel pour améliorer la structure du sol vu sa richesse en protéines (Ouédraogo et al., 2015). Elle apporte progressivement aux plantes les éléments nutritifs nécessaires au développement des racines, des feuilles et des fruits principalement l'azote qui est un élément majeur pour la plante qui se trouve sous forme non assimilable dans le sol (Richlefs et Miller, 2005).

Chapitre II

Matériel et méthodes

I. Préparation de la poudre des larves

I.1. Capture des Calliphoridae pour la ponte

Vingt pièges ont été réalisés en recyclant des bouteilles d'eau en plastique d'un litre. Ces dernières ont été coupées en deux. Une petite quantité de sable a été placée au fond des bouteilles sur laquelle a été déposé un appât (abats de volaille) avant de les couvrir des hauts des bouteilles retournées comme montré par la Figure 4. Un ruban adhésif permet d'assurer la cohésion de l'ensemble. Chaque piège a été correctement étiqueté.

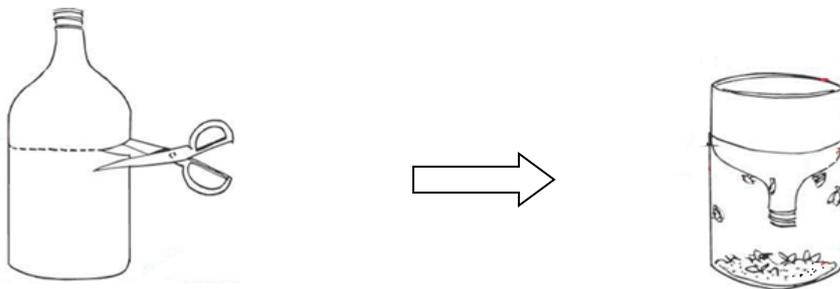


Figure 4: Confection de piège pour la capture des insectes nécrophages

I.2. Transfert des œufs pour l'élevage

Après la ponte, les œufs ont été transférés pour l'élevage. L'élevage est réalisé par la disposition d'une couche de sable et une autre couche de sciure de bois au fond d'un récipient en plastique contenant quelques abats frais comme substrat nutritionnelle. Le couvercle de récipient a été troué afin d'assurer l'aération du dispositif. Un morceau de gaze disposé sous le couvercle prévenait l'évasion des larves et la contamination par des parasites (Figure 5). Une humification quotidienne assure l'hydratation des larves.



Figure 5 : Photographies du dispositif d'élevage

I.3. Récolte des larves et congélation

Les larves au stade 3 ont été récoltées dès le septième jour vu leurs richesses en protéines, puis mise au congélateur.

I.4. Préparation de la poudre des larves

Les larves ont été rincées à l'eau 3 à 4 fois afin d'enlever toutes les impuretés, puis déposées sur un papier absorbant. Le séchage des larves a été réalisé dans une étuve à température 35°C jusqu'à obtention d'un poids constant, puis broyées à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à obtenir une poudre très fine (Figure 6), qui sera par la suite conservée dans des boîtes hermétiques à température ambiante.



Figure 6 : Préparation de la poudre des larves

II. Étude de l'effet de la poudre des larves sur la croissance d'orge

Afin de tester l'effet de la farine des larves sur la croissance des graines d'orge, des protocoles ont été mis en place : le premier pour tester la germination des graines et le second pour avoir étudié l'effet de la poudre sur la croissance des plantes dans deux sols différents (un sol pauvre et autre riche).

Matériel et méthodes

II.1. Prélèvement du sol

Deux échantillons de sol de type différent ont été prélevés le 21-05-2021 dans la région Ait Smail (Bejaia) un sol qui est prélevé dans un jardin avec végétation considéré comme un sol riche et un autre dans un endroit dépourvu d'une végétation considéré comme un sol pauvre (Figure 7).



Figure 7: Site de prélèvement des sols (A) sol riche, (B) sol pauvre

II.2. Analyse physicochimique du sol

II.2.1. Humidité

L'humidité du sol est déterminée par la mesure de poids frais d'un échantillon du sol (poids initiale), les échantillons ont été déposés par la suite dans un four pasteur à 105°C jusqu'à obtention d'un poids constant (Pepper et *al.*, 2000).

Le taux d'humidité est alors exprimé selon la formule :

$$\% = \frac{\text{poid humide} - \text{poids sec}}{\text{poids humide}} \times 100$$

II.2.2. pH

L'acidité d'un sol est définie par la concentration en ions H⁺.

➤ pH-eau

Les valeurs pH-eau des échantillons du sol ont été déterminées dans 5 ml d'eau distillée avec 2g de l'échantillon du sol tamisée (<2mm) et séché à 40°C. Après une agitation pendant 1 min suivie d'un repos de 2 heures, le pH a été mesuré par la suite avec un pH- mètre (Mathieu et Pieltain, 2003).

Matériel et méthodes

➤ L'acidité titrable ou de réserve (pH-KCl)

Elle est déterminée par la mesure d'échange des ions H^+ absorbés par des K^+ , avec l'utilisation d'une solution saline de KCl. Donc le même test est répété en remplaçant l'eau distillée par une solution de KCl 1N.

II.3. Tamisage du sol et préparation des pots

À l'aide d'un tamis de 0.4mm de diamètre le sol est tamisé. Puis 34 Gobelets ont été remplis de sol pauvre et autres 34 sol riche. Ils serviront pour recevoir les graines d'orge.

II.4. Effet de la poudre larvaire sur la germination des graines d'orge

II.4.1. Préparation des suspensions de la poudre larvaire

Différentes concentrations de poudre des larves ont été préparées, une solution mère considérée 100% a été préparée par ajout de 10g de la poudre dans 100ml d'eau distillée. Des dilutions ont été réalisées pour obtenir des concentrations de 50%, 30% et 10%. L'ensemble de ces solutions serviront pour tester leurs effets sur la croissance et la germination d'orge.

II.4.2. Préparation des graines d'orge

Les graines homologuées ont été gracieusement fournies par -PROFERT- Mostaganem-Bejaia, Algérie qui sont des graines référenciées sous le nom (*Hordeum vulgar L.*).

Les graines d'orge ont été trempées dans l'éthanol (70% pendant 1 min) sous une douce agitation. Elles sont par la suite retirées et mises dans une solution d'hypochlorite de sodium (Eau de Javel) à 12% pendant 15 min. Six lavages successifs à l'eau distillée stérile ont été réalisés afin de se débarrasser des trace d'eau javel (Götz et *al.*, 2006).

II.4.3. Évaluation de l'effet de la poudre larvaire sur la germination des graines

Des boites de pétri dont le fond est couvert par un disque de papier absorbant de diamètre égal à celui des boites ont été préparées. Le papier absorbant a été par la suite imbibé avec 4 ml d'eau distillée. Les graines d'orge ont été trempées dans les différentes suspensions (10% ; 30% ; 50% et 100%) pendant 1 h à température ambiante. D'autres graine ont été trempées dans l'eau distillée et minérale et seront considérées comme témoins (Nabti et *al.*, 2014). Les graines ont été déposées dans des boites de pétri à raison de 13 graine par boite. Pour chaque concentration trois essaies ont été réalisés,

Matériel et méthodes

L'incubation a été effectuée à l'obscurité (Figure 8). Le comptage des graines germées a été effectué quotidiennement pendant 10 jours. Les pourcentages de germination ont été déterminés à la fin d'expérience par la formule suivante :

$$\% = \frac{\text{Le nombre des graines germées} \times 100}{\text{Le nombre totale des graines}}$$

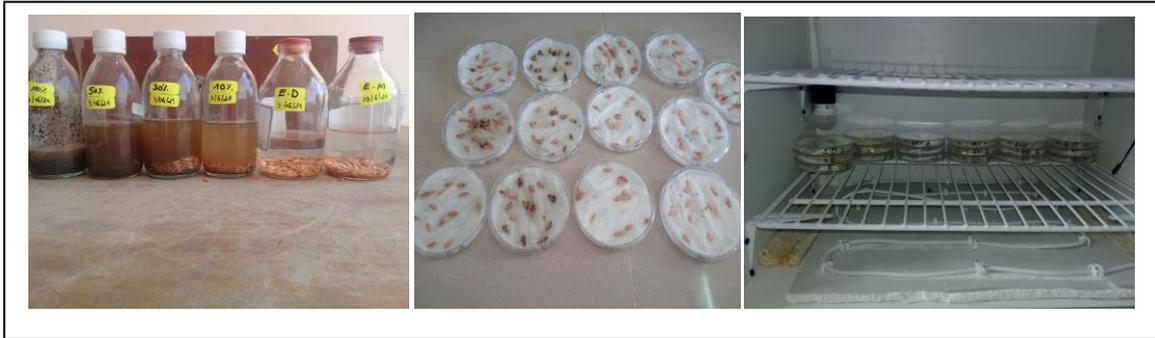


Figure 8: Tests de germination

II.5. La semis de l'orge

Des graines d'orge stériles ont été trempées pendant 1 h à température ambiante dans les différentes suspensions préparées à base de poudre de larve à différentes concentrations (10%, 30%, 50% et 100%), puis semis à raison de trois graines par gobelet à 1cm de profondeur. Cinq essais ont été réalisés pour chaque concentration. Ainsi que des graines trempées dans de l'eau distillée, semis comme témoin.

Une seconde expérience a été réalisée par la semis directe des graines à raison de 03 graines par gobelet à une profondeur de 1cm, en ajoutant différentes quantités de poudre de larves (1g ,2g ,3g et 4g) à la surface des gobelets comme un bio engrais. Trois essais ont été effectués pour chaque quantité de poudre. Un témoin négatif a été également réalisé. L'arrosage a été fait tous les deux jours avec 10ml d'eau du robinet pour chaque gobelet contenant la poudre des larves.

Alors que pour les gobelets contenant les graines trempées dans les suspensions l'arrosage se faisait par l'ajout de 3ml de chaque concentration et de 7ml d'eau du robinet et se faisait alternativement, une fois avec les suspensions; une fois avec l'eau uniquement. La semis d'orge a été réalisée sur les deux types de sol (riche et pauvre) pendant 15 jours.

II.5.1. Mesure des paramètres de croissance de l'orge

Les longueurs des tiges ont été mesurées chaque trois jours depuis la semis jusqu'au dernier jour (15^{ème} jour). La longueur et poids des racines ainsi que celles des tiges ont été mesuré après 15 jours.

II.5.2 Etude statistique

Les données relatives aux paramètres de croissance (longueur et poids des tiges et racines) de l'orge ont été présentées par Microsoft office Excel 2007, alors que l'étude statistique a été faite par l'application NOVA de JMP 7, pour déterminer les valeurs statistiquement différentes à $p \leq 0.05$.

III. Étude de l'activité antifongique des extraits larvaires

III.1. Préparation des extraits

L'extraction a été réalisée par utilisation de trois solvants (l'acétone 50%, méthanol 50% et l'eau distillée), suivant deux méthodes différentes : macération et ultrason.

L'extraction a été effectuée par l'ajout de 1g de poudre des larves dans 10ml de chaque solvant sous agitation pendant 3h pour la macération et 30 min pour l'ultrason a une intensité de 40 w/cm² Après agitation la solution a été filtrée avec un papier filtre (wattman standard). Les filtrats de chaque solvant ont été ensuite répartis dans des boites pétris en verre est mises dans une étuve aérée pendant 72 h pour l'évaporation des solvants. Après évaporation les résidus secs ont été reconstitués dans l'eau physiologique stérile jusqu'à obtention d'une concentration de 0.0945 g/ml.

Une autre extraction aqueuse a été réalisée par l'ajout de 1g de la poudre des larves dans 20ml d'eau distillée ; sous agitation pendant 3 h pour la macération et pendant 30 min pour l'ultrason et une autre extraction par ajout 1g dans 10ml d'eau distillé par ultrason.

III.2. Détermination du rendement

Le rendement d'extrait est déterminé par la différence de poids des boites vide et après séchage.

La formule suivante est appliquée pour calculer le pourcentage de rendement :

Matériel et méthodes

$$\% = [(P_1 - P_0) / E] 100$$

P₀ : poids de la boîte vide (g)

P₁ : poids de la boîte après évaporation du solvant (g)

E : poids de l'échantillon initial (g)

III.3. Préparation des suspensions sporales

Trois suspensions sporales ont été préparées (*Penicillium sp*, *Aspergillus niger* et *Fusarium sp*) par prélèvement des spores dans des boîtes préalablement cultivées sur milieux PDA à 28°C pendant 7 à 10 jours, en ajoutant 1 ml d'eau physiologique stérile dans des conditions stériles et grattées délicatement afin d'éviter le détachement du mycélium. À l'aide d'une micropipette les spores ont été récupérées dans 9 ml d'eau physiologique stérile.

Une mesure de la densité optique a été réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 630 nm afin de standardiser la suspension à 10⁷ spore /ml. Une suspension est considérée standard à une absorbance de 0.12 (l'absorbance des spores est 0.04 et l'eau physiologique 0.08).

III.4. Évaluation de l'effet antifongique

Les activités antifongiques des différents extraits ont été déterminées par la technique de diffusion sur disque. La gélose PDA a été ensemencée par écouvillonnage avec les suspensions sporales. Des disques stériles de papier buvard d'un diamètre de 6 mm ont été déposés aseptiquement sur la gélose inoculée préalablement avec les suspensions fongiques et ont été immédiatement imprégnés par un volume d'extraits d'asticots de 10 µl ayant une concentration de 0.0945 g/ml. Les boîtes ont été par la suite mises pour incubation à 28°C pendant 7 jours. Des boîtes sans extraits ont été utilisées comme témoin négatif et d'autre avec des extraits commercialisés (cyclohexane, ciclopirox) ayant une activité antifongique utilisée comme témoin positif. Après incubation, la lecture a été effectuée par la mesure des diamètres des zones d'inhibition à l'aide d'un pied à coulisse. L'expérience est réalisée en triplicata.

Chapitre III

Résultats et discussions

I. Propriétés physicochimiques du sol

I.1. Humidité

Les résultats de la détermination du taux d'humidité du sol montrent que la teneur en eau est plus élevée dans le sol riche avec 11.1%, alors que dans le sol pauvre, elle est de 2.6%. La différence du taux d'humidité entre les deux échantillons de sol est due principalement à l'hétérogénéité dans leurs compositions et leurs propriétés (Juglea, 2011). Le sol riche est un sol agricole plus riche en matière organique et en eau comparé au sol pauvre qui présente un taux d'humidité faible. D'après Mathieu et Pieltain (2003) ; les échantillons présentant une humidité avoisinant 1% sont des sols sableux, alors que ceux qui avoisinent les 7% d'humidité sont des sols argileux et organiques. L'étude de la nature du sol permet de mettre en place le système d'arrosage le plus adapté.

I.2. pH

Les résultats du pH sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau II: Les valeurs de pH-eau et pH-KCl des deux types du sol utilisé.

Type du sol / Mesure pH	Sol pauvre	Sol riche
pH-eau	7.86	6.53
pH- Kcl	7.45	6.40

Le pH est un élément clé de la composition chimique du sol. Il détermine la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes et les microorganismes du sol (Doucet, 2006 ; Borah et *al.*, 2010).

Les résultats de mesure de pH montrent que les valeurs des pH-eau sont supérieures aux valeurs des pH-KCl pour les deux échantillons du sol, ce qui est due au captage des protons H^+ accessible dans la solution. Le sol pauvre possède un pH légèrement alcalin, par contre le sol riche est légèrement acide. Le pH du sol varie selon le type du sol et les cultures, La plupart des plantes se développent très bien dans un sol à pH 6.5 (Doucet, 2006). Pour l'orge leur pH de croissance varié entre 6.0-7.0 (Jean, 2017).

Résultats et discussions

Les microorganismes du sol préfèrent une certaine gamme de pH allant de 6 à 8 pour leur croissance (Carrow et *al.*,2001). Les résultats de pH obtenus montrent que les deux sols favorisent les activités biologiques et la croissance de l'orge par l'assimilation des éléments nutritifs présents dans le sol.

II. Effet des suspensions larvaires sur la germination de l'orge :

Le résultat de la germination est représenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau III : Résultats du test de germination

Jours	Suspension 100%		Suspension 50%		Suspension 30%		Suspension 10%		Eau minérale		Eau distillée	
	Nbre graine	% de germination	Nbre graine	% de germination	Nbre graine	% de germination	Nbre graine	% de germination	Nbre graine	% de germination	Nbre graine	% de germination
J-2	0	0	1	2,56	2	5,13	3	7,69	6	15,38	3	7,69
J-3	0	0	5	12,82	5	12,82	16	41,03	17	43,59	14	35,90
J-6	1	2,56	25	64,10	31	79,49	36	92,31	30	76,92	35	89,74
J-7	1	2,56	32	82,05	33	84,62	37	94,87	33	84,62	35	89,74
J-8	1	2,56	32	82,05	33	84,62	37	94,87	33	84,62	35	89,74
J-9	1	2,56	33	84,62	33	84,62	37	94,87	34	87,18	35	89,74
J-10	4	10,26	33	84,62	33	84,62	38	97,44	34	87,18	35	89,74

Les résultats montrent qu'avec l'augmentation de la concentration de la suspension larvaire ; le taux de germination diminue. Le pourcentage de germination le plus important a été observé à la concentration de 10% avec un pourcentage de 97.43% ; alors que le plus faible taux de germination a été obtenu à la concentration de 100% avec un pourcentage de 10.25%. Par contre le taux de germination aux concentrations 50% et 30% est proche de celui du témoin.

Le résultat de la germination montre que la concentration de 10% a un effet positif sur la germination de l'orge ; qui pourrait être liés à sa composition qui serait riche en éléments nutritifs impliquées dans la stimulation de la germination des graines. Contrairement à la concentration de 100% qui a impacté négativement sur la germination des graines. Cet effet négatif pourrait s'expliquer par la forte concentration en matière grasse qui compose la poudre des larves ce qui est en accord avec les résultats de Van

Résultats et discussions

Beckum et Wang (1994) qui ont démontré l'effet négatif des acides gras sur la germination des graines d'orge.

III. Effet de la poudre des larves sur les différents paramètres de croissance de l'orge

Les résultats de mesure des différents paramètres de croissance de l'orge (longueur et poids des tiges ; longueur et poids des racines) traité avec la poudre des larves sont été collectés régulièrement analysés.

Après trois jours de la semis d'orge, aucun effet de la poudre des larves utilisées n'a été observé en comparaison avec le témoin. À partir du 6^{ème} jour l'effet de la poudre a été très remarquable avec une longueur très élevée, lorsqu'une faible quantité de poudre 1g est rajoutée dans les deux types de sol. Par contre, lorsque les quantités 2g, 3g, et 4g sont rajoutées aucun effet bénéfique n'a été constaté dans les deux sols, excepté pour le sol pauvre où l'ajout de 3g de poudre des larves adonné un effet positive par rapport au témoin (Figure9).

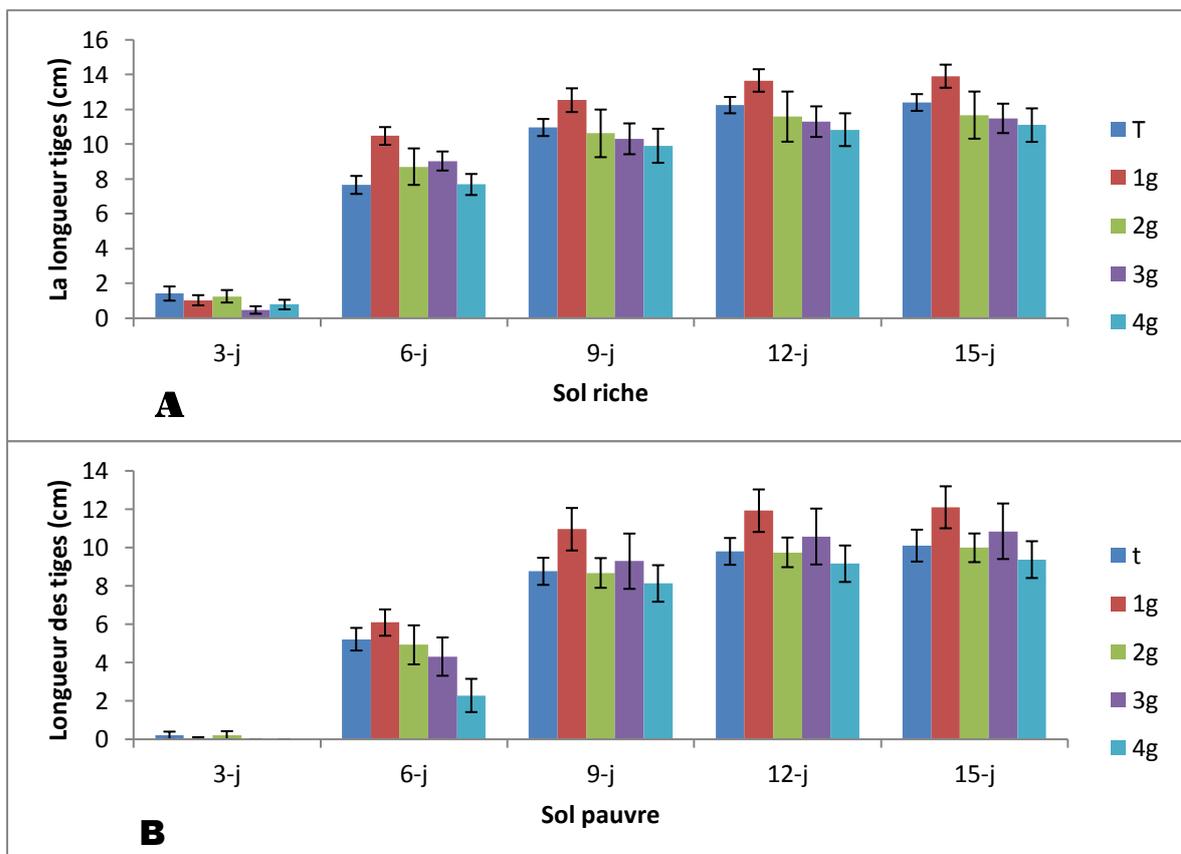


Figure 9 : Longueurs des tiges en fonction du temps avec la poudre des larves (**A** : riche ; **B** : pauvre).

Résultats et discussions

Au 15^{ème} jour, les longueurs les plus élevées (13.91 et 12.1cm) ont été obtenues avec 1g de poudre ajoutée, respectivement pour le sol riche et pauvre, sachant que la taille du témoin pour les mêmes conditions est de 12.4cm et 10.1cm pour le sol riche et le sol pauvre respectivement. En effet, Bouafou (2011) a démontré que la poudre des larves est très riche en protéine. La croissance significative de l'orge après trois jours du semis (Figure9), pourrait être due à une décomposition biologique des protéines par les micro-organismes présents dans le sol; qui libèrent des quantités appréciables d'azote ainsi que d'autre éléments nutritifs qui stimulent la croissance des jeunes organes (tige, feuille et racine) (Thivolle, 1992).

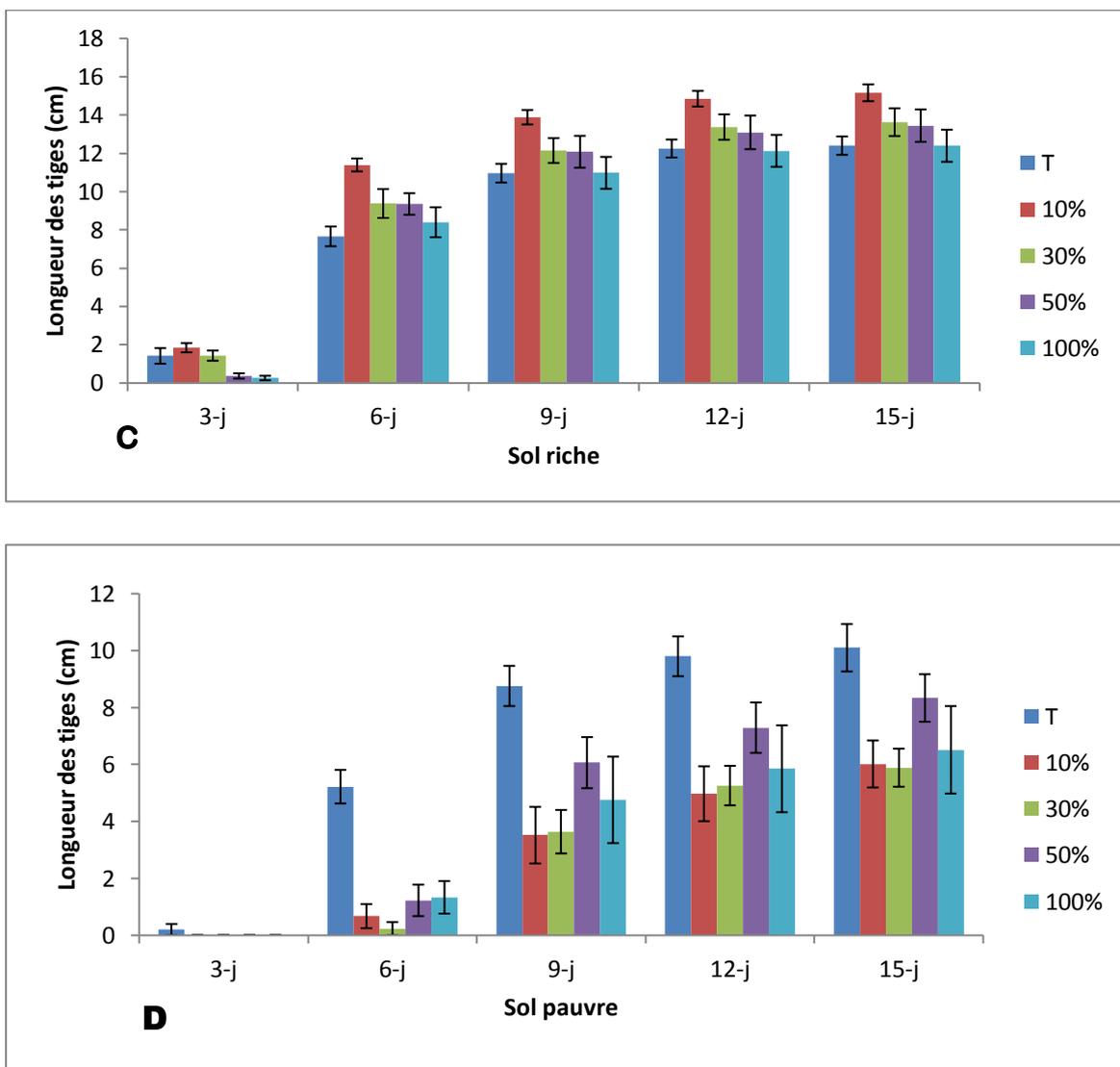


Figure 10: Longueurs des tiges en fonction du temps avec suspension larvaire (C: Riche ; D: Pauvre).

Résultats et discussions

Les résultats de l'utilisation de la poudre larvaire sous forme suspension montrent un effet positif sur la longueur des tiges de l'orge semis dans le sol riche pour les concentrations 10%, 30%, 50% dès le 3^{ème} jours du semis. La longueur maximale (15.16cm) a été obtenue avec la concentration de 10% suivi de 13.44cm et 13.62cm pour les concentration 30% et 50% respectivement. Ces différences sont remarquables comparées à la longueur du témoin (12.40cm). Aucun effet n'a été par contre constaté sur les tiges arrosées avec la suspension concentrée à 100% (Figure 10-C).

Les résultats de l'utilisation des suspensions dans le sol pauvre montrent un effet négatif sur la longueur des tiges d'orge avec toute les concentrations (10% ; 30% ; 50% et 100%) avec des longueurs (6.01cm, 5.88cm, 8.33cm et 6.51cm respectivement). La longueur des tiges témoins était de 10.1cm (Figure 10-D).

L'effet positif de la poudre pourrait s'explique par la richesse de la poudre en protéines qui sont une source d'azote ce qui stimule la croissance en longueur des tiges de l'orge (Bouafou, 2011). Alors que l'effet négative serait due à l'inhibition de l'absorption d'eau, qui pourrait être causée par une accumulation excessive d'une substance dans le sol (Alencar et *al.*, 2015). Il est important de signaler que durant les manipulations, le témoin (sol pauvre) a été arrosé par erreur entre le 3^{ème} et le 6^{ème} jour qui est la phase optimale de la croissance de l'orge selon les résultats précédents. Cet arrosage aurait grandement contribué à la croissance du témoin et creuser l'écart avec les autres.

Les résultats obtenus suite à l'utilisation de la poudre en suspension à différentes concentrations (Figure 10) et par application directe de la poudre des larves (Figure 9), démontrent que pour le sol pauvre ; l'utilisation de la poudre sous forme paillis à un meilleur effet par apport à l'utilisation des suspensions. Alors que pour le sol riche l'utilisation de la poudre par les deux méthodes présente un effet positif. En effet, l'utilisation de la poudre directement à la surface réduirait l'évaporation de l'eau ce qui faciliterait la germination, alors que pour le sol riche les deux méthodes sont efficace car ce sol est un sol humifère, où la suspension diffuse sur toute la surface de la couche supérieure ce qui favoriserait la disponibilité des éléments de la suspension.

Résultats et discussions

Les résultats montrent que la poudre des larves stimule la croissance en longueur des tiges de l'orge à des faibles concentrations 10% et à 1g de poudre. Il ressort également que la période de 3- 6 jours est la phase de croissance optimale de l'orge, qui serait le moment propice pour l'apport de nutriment (azote, phosphore, potassium) et eau pour l'orge pour optimiser le rendement.

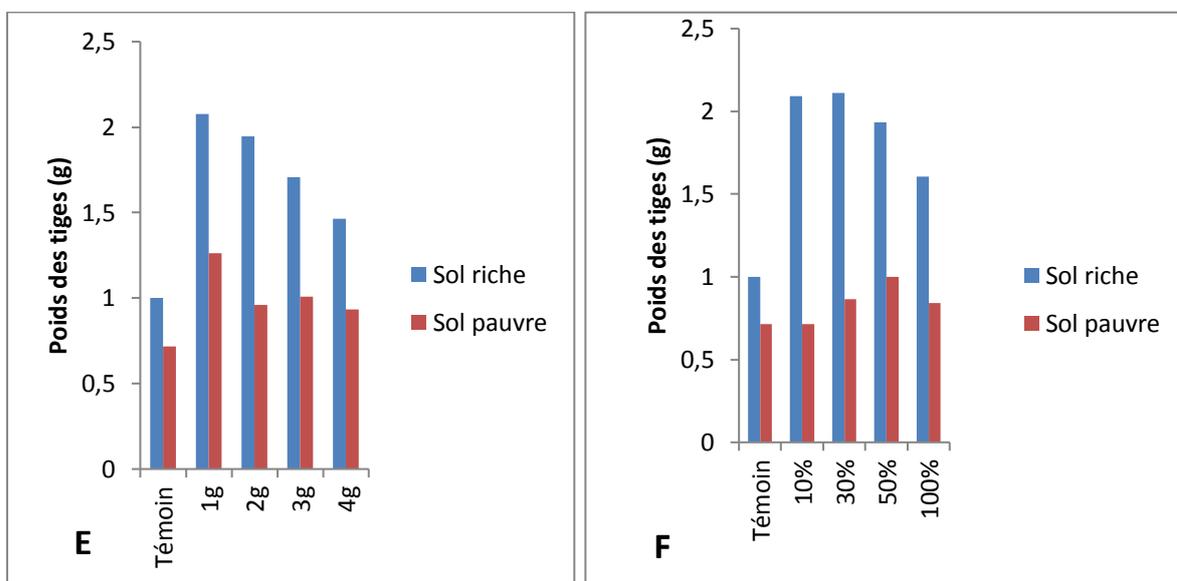


Figure 11 : Poids frais des tiges avec utilisation de la poudre larvaire après 15 jour (*E* : par utilisation de la poudre directement ; *F* : utilisation de la poudre des larves sous forme suspensions)

D'après les résultats de la (Figure 11), il ressort que le poids des tiges obtenues par ajout de la poudre larvaire sous les deux formes ; poudre (Figure 11-E) et suspension (Figure 11- F) sont plus importantes par rapport à celles obtenue par le témoin dans le sol riche. Les valeurs les plus importantes sont obtenues par l'utilisation de la suspension à des faibles concentrations 10% et 30% avec 2.09g et 2.11g respectivement et à 1g de poudre (2.07g) en comparaison avec le témoin du (1g) de poids.

Dans le sol pauvre les résultats des suspensions à différentes concentrations (10% ,30%,100%) ne diffèrent pas de ceux obtenues par le témoin, contrairement à la suspension concentrée à 50% qui a amélioré le poids des tiges. En revanche l'ajout de la poudre larvaire sous la forme paillis montre son effet sur le poids des tiges à différentes quantités de poudre 1g, 2g, 3g et 4g avec un poids maximal de 1.26g obtenue par la quantité 1g, comparé au témoin (0.71g).

Résultats et discussions

Ces poids élevés des tiges obtenues par ajout de la poudre des larves sont due à l'augmentations en épaisseur des tiges ce qui augmente la capacité de stockage de l'eau (Feikema et al., 2010). Ceci peut contribuer à une certaine résistance à la perte d'eau par les cellules de la tige et assurer ainsi la survie des plantes dans un environnement défavorable (Rodriguez et al., 2012).

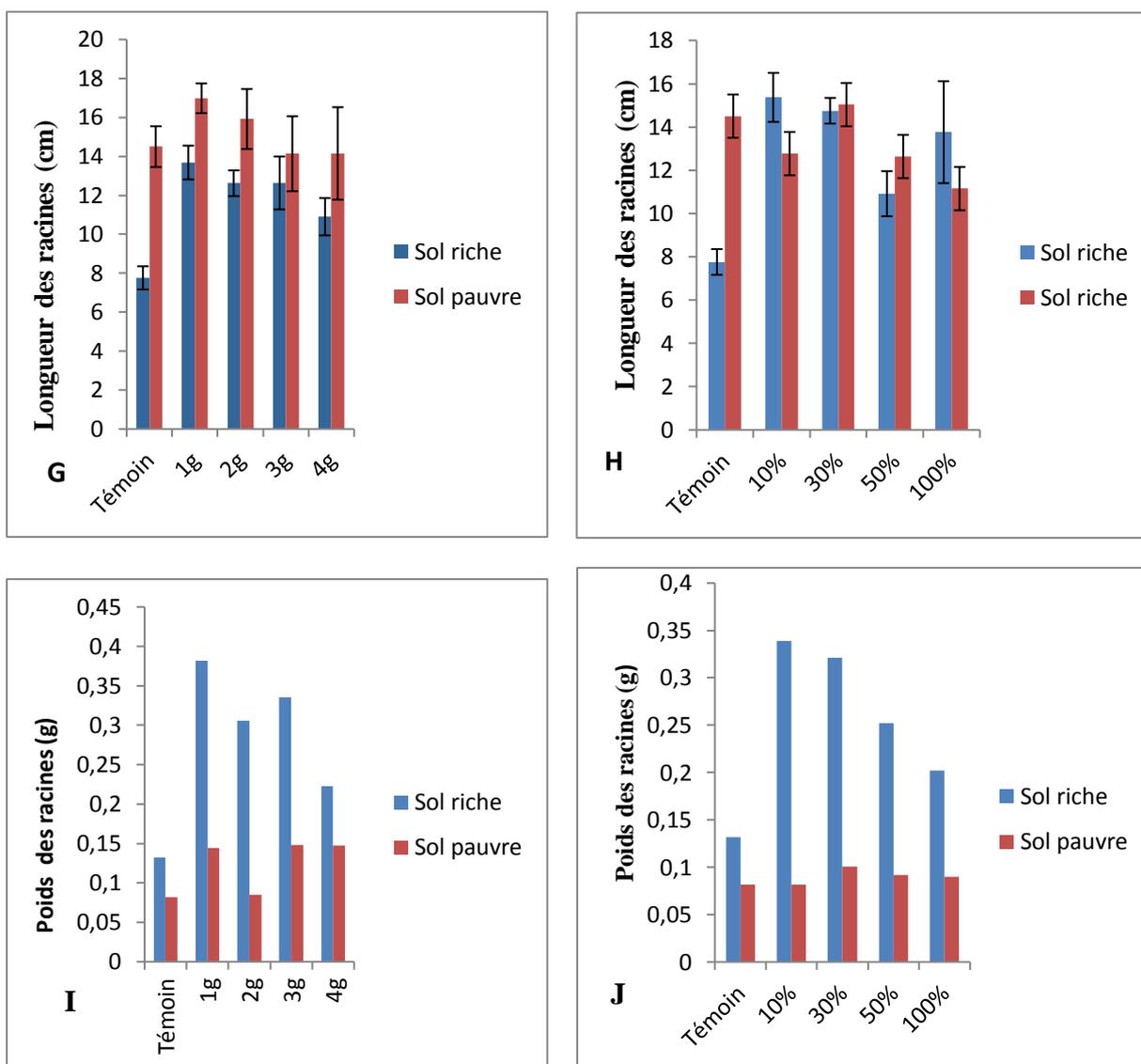


Figure 12 : La longueur et poids des racines en fonction des différentes quantités et concentration de la poudre des larves : (G :la longueur en fonction des différentes quantités de poudre ;H :la longueur en fonction des différentes concentrations ; I: le poids en fonction des quantités de poudre, ;J :le poids en fonction des différentes concentrations)

Les résultats de la longueur des racines obtenus par l'utilisation de la poudre à différentes quantités (Figure 12 -G) montrent une diminution progressive de la longueur avec l'augmentation de la quantité de poudre dans les deux types de sols. Les longueurs

Résultats et discussions

maximales ont été obtenues dans le sol pauvre. Les valeurs les plus élevées ont été obtenues avec de faibles quantités de poudre dans le sol pauvre et riche (16.98cm et 13.68cm) respectivement. L'utilisation des suspensions (Figure 12-H) à différentes concentrations montrent l'effet positif sur la longueur des racines dans le sol riche. La longueur la plus élevée est obtenue avec les suspensions concentrées à 10% et 30% avec une longueur de 15.36cm et 15.03cm, respectivement, suivi de la concentration 100% (13.76cm) puis 50% (10.91cm).

En revanche la poudre des larves sous la forme suspension n'a montré aucun effet sur la longueur des racines dans le sol pauvre, seule la suspension 30% a influencé la longueur de racine (15.03cm) comparée au témoin (14.5cm).

Les résultats de l'utilisation de la poudre sous formes paillis (Figure 12 -I) montrent l'effet positive de la poudre sur le poids des racines avec toutes les quantités de poudre (1g, 2g, 3g et 4g) dans les deux sols avec des poids plus importants à la quantité 1g (0.38g et 0.14g respectivement).

En revanche l'utilisation de la suspension (Figure 12-J) à différentes concentrations (10% ; 30% ; 50% ; 100%) montre l'effet positif sur le sol riche à toutes les concentrations. Alors que le sol pauvre leurs résultats de mesure de poids des racines sont équivalents à celle obtenue par le témoin, seul 30% qui a influencé positivement.

D'après les résultats, les longueurs des racines dans le sol pauvre sont plus élevées par rapport au sol riche contrairement au poids qui est plus important dans le sol riche. Cette longueur améliorée des racines peut s'expliquer par la teneur en eau qui est plus faible dans le sol pauvre. En effet, le sol pauvre utilisé retient peu d'eau, ce qui contraint la plante à développer plus ses racines pour rechercher des zones plus humides pour survivre (Huang *et al.*, 1997) et améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau par la plante (Parida et Jha, 2010). Selon Schenk et Jackson (2005), la profondeur des racines dépend de la texture de sol, des ressources en eau, et en fonction du climat.

➤ **Etude statistique:**

Les résultats des mesures de la longueur des tiges après 15 jours montrent des améliorations qui ne diffèrent pas significativement du témoin dans le sol riche (Figure 13).

Résultats et discussions

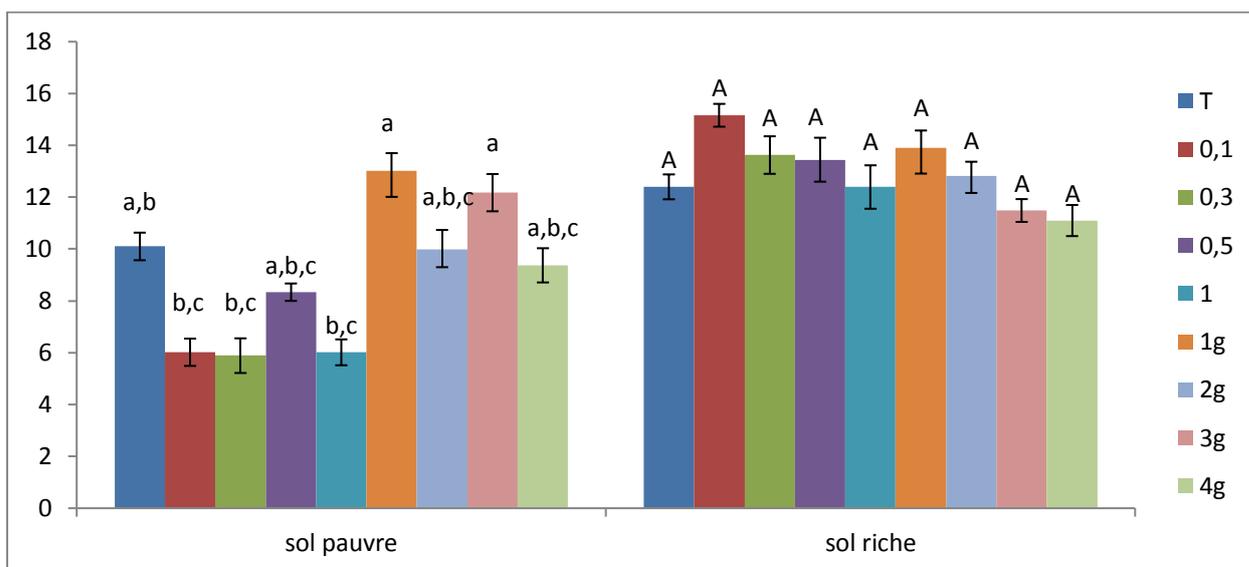


Figure13 : Longueur des tiges après 15 jours

Les lettres différentes pour les résultats significativement différents à $P \leq 0.05$

Les longueurs les plus élevées sont observées dans le sol riche à une concentration de 10%. Par contre les valeurs les plus faibles ont été observées à des concentrations de 10%, 30% et 100% dans le sol pauvre ; qui sont significativement différentes par rapport au témoin.

La mesure des poids des tiges montre que les masses les plus importantes sont observées dans le sol riche avec les concentrations de 10%, 30% et 1g qui sont significativement différentes du témoin (Figure14).

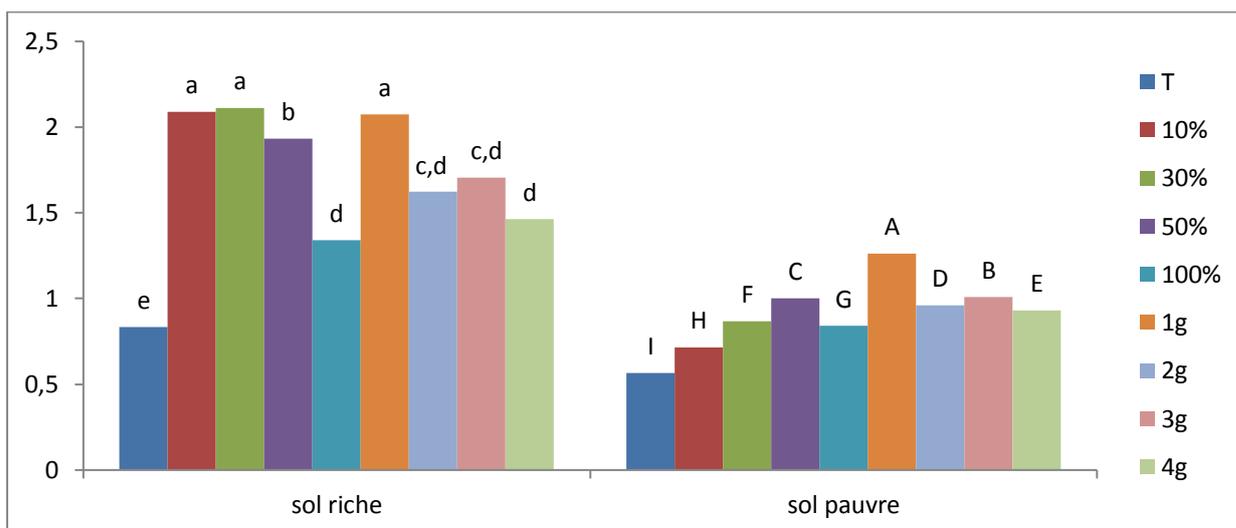


Figure14 : Poids des tiges après 15 jours

Les lettres différentes pour les résultats significativement différents à $P \leq 0.05$

Résultats et discussions

En revanche; dans le sol pauvre les valeurs obtenues sont significativement différentes, comparant au témoin, qui présente la plus faible masse observée.

Les résultats des mesures des racines montrent que les longueurs obtenues dans le sol pauvre sont légèrement plus élevées par rapport au témoin (Figure15).

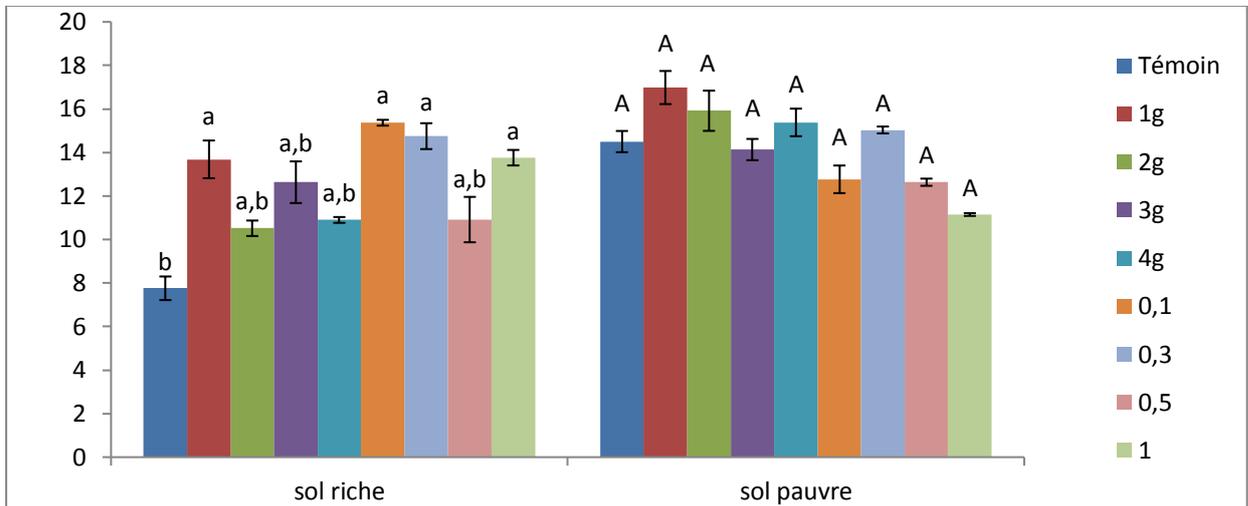


Figure15 : Longueur des racines après 15 jours

Les lettres différentes pour les résultats significativement différents à $P \leq 0.05$

Les valeurs les plus élevées sont obtenues avec l'ajout de 1g de poudre dans le sol pauvre, alors que la plus faible longueur à été observé avec le témoin dans le sol riche.

La Figure 16, montre les résultats des mesures du poids des racines après 15jour.

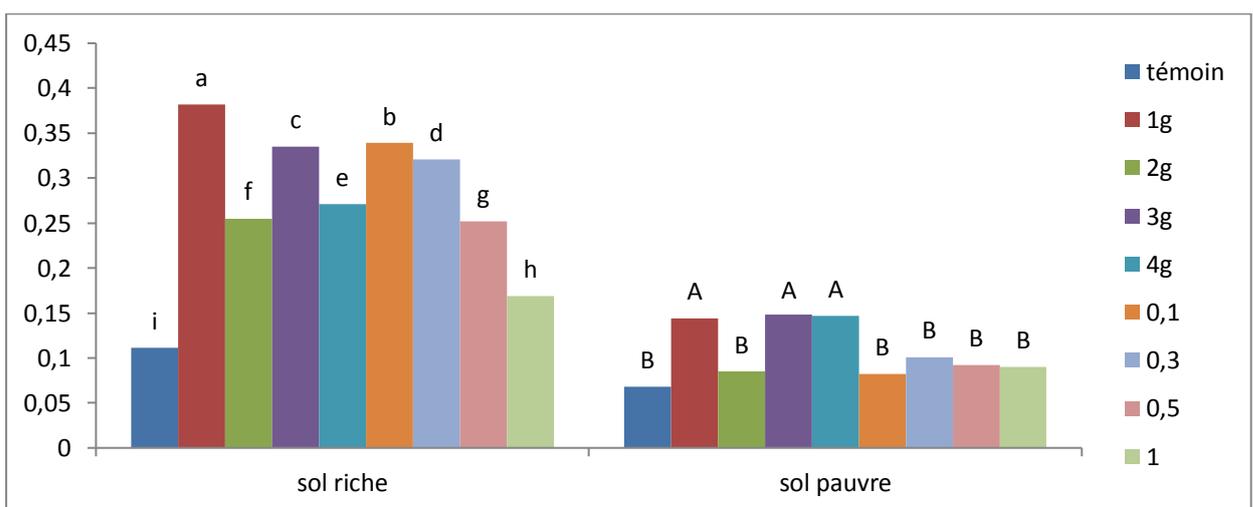


Figure 16 : Poids des racines après 15jours

Les lettres différentes pour les résultats significativement différents à $P \leq 0.05$

Résultats et discussions

Le poids des racines mesurées dans le sol riche est plus important que ceux mesurés dans le sol pauvre dans le cas de l'ajout de 1g. Ces valeurs sont significativement différentes par rapport au témoin. Les valeurs maximales sont obtenues à l'ajout de 1g de poudre dans le sol riche, alors que les plus faibles sont obtenues à différentes concentrations (10%, 30%, 50%, 100 %).

IV. Activité antifongique

IV.1. Taux d'extraction

Les résultats de rendement d'extrait d'asticot sont représentés dans le tableau suivant

Tableau IV : Résultats de rendement d'extraction.

Méthode \ Solvant	Macération	Ultrason
Méthanol (50%)	10.8%	9.5%
Acétone (50%)	20.9%	17.1%

Le rendement d'extraction est le rapport de la quantité des substances naturelles extraites par l'action d'un solvant à la quantité de ces substances de la matière première. Il dépend de plusieurs paramètres tels que ; le solvant, pH, composition de l'échantillon (Quy Diem Do et *al.*, 2014).

D'après les résultats, nous pouvons déduire que le rendement d'extraction les plus élevées (20.9% et 17.1%) ont été obtenus en utilisant l'acétone 50%, par les deux méthodes d'extractions macération et ultrason respectivement, en comparaison à l'extraction méthanolique 50% (10,8% pour la macération et 9.5% pour les ultrasons).

L'extraction des composés de la poudre des larves est une étape cruciale pour la valorisation de ces principes actifs, elle dépend de la méthode et du solvant approprié qui préservent leurs propriétés biologiques. Dans cette étude, il ressort que la macération par l'acétone est la meilleure technique d'extraction.

Résultats et discussions

IV.2. Évaluation de l'activité antifongique

Les résultats de l'activité antifongique des extraits (méthanolique 50%, acétonique 50%, et aqueux) obtenues par les deux méthodes d'extraction ultrason et macération et celles des témoins positifs (cyclohexane, ciclopirox) ont été testés sur trois champignons phytopathogènes (*Aspergillus niger*, *Penicillium sp* et *Fusarium sp*). Après 7 jours d'incubation à 28°C, les extraits testés ne montrent aucune zone d'inhibition.

En revanche des zones de sporulation de diamètres différents et de couleur différentes (vert pour *Penicillium sp*, rouge pour *Fusarium sp* et noir pour *Aspergillus niger*) sont observé au tour des extraits de la poudre larvaire déposé qui sont identique à celle observées avec le témoin positive qui sont témoins d'un effet fongistatique de l'extrait (Figure 17).

L'activité fongistatique la plus importante est observée avec l'acétone 50% obtenue par macération avec une zone de 16.2mm contre *Aspergillus niger* suivi des extraits méthanol 50% et acétone 50% obtenus par ultrason avec une zone de 15.16mm contre *Fusarium* et *Aspergillus* (Tableau V).

Tableau V : Résultats de l'activité antifongique.

Témoin positive	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Fusarium</i>
Cyclohexane	5±0	5,5±0,5	9,5±0,5
ciclopirox	7±0	2±0	0±0

Macération	<i>Aspergillus</i> (Noir)	<i>Penicillium</i> (Vert)	<i>Fusarium</i> (Rouge)
50% Méthanol	13,66±0,66	13,83±0,7	13,66±1,02
50% Acétone	16,2±1,33	11,16±0,54	13,83±1,02
ED (1g/20ml)	10±0,47	0±0	8±0,84

Ultrason	<i>Aspergillus</i> (Noir)	<i>Penicillium</i> (Vert)	<i>Fusarium</i> (Rouge)
50% Méthanol	15±0,25	14,83±0,40	15,16±0,54
50% Acétone	15,16±0,25	13,83±0,25	12,66±0,25
ED (1g/20ml)	10,16±0,25	0±0	11,66±0,25
ED (1g/10ml)	11,5±0,25	0±0	10,83±0,25

Résultats et discussions

Témoin negative	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Fusarium</i>
Aucun extrait	0±0	0±0	0±0

Les extraits aqueux (eau distillé à 1g/20ml traités par les deux méthodes macération et ultrason, eau distillé à 1g/10ml par ultrason) ont montré une faible activité fongistatique avec des zones d'inhibitions qui varient entre 8mm et 11.66mm comparées à celles obtenues avec les extraits méthanolique et acétonique.

En effet comme rapporté par Genet, 2017, la sporulation est une stratégie largement utilisée par les champignons pour survivre à des conditions défavorables. Il existe une grande variété de signaux environnementaux (germinants ou inhibiteurs) qui déclenchent ou inhibent la germination, selon le type de spore. Par exemple, les urédospores de certains champignons de la rouille initient la germination lorsqu'elles sont exposées à de l'eau pure (Dijksterhuis, 2003). La germination prématurée des conidiospores de *Penicillium paneum* est inhibée par un composé volatil autoproduit (Chitarra et al., 2004). Les études de Nyiransengiyumva, 2007 ont déjà montrés que les éléments chimiques favorisent ou inhibent la croissance, la germination et la sporulation des *Fusarium*.

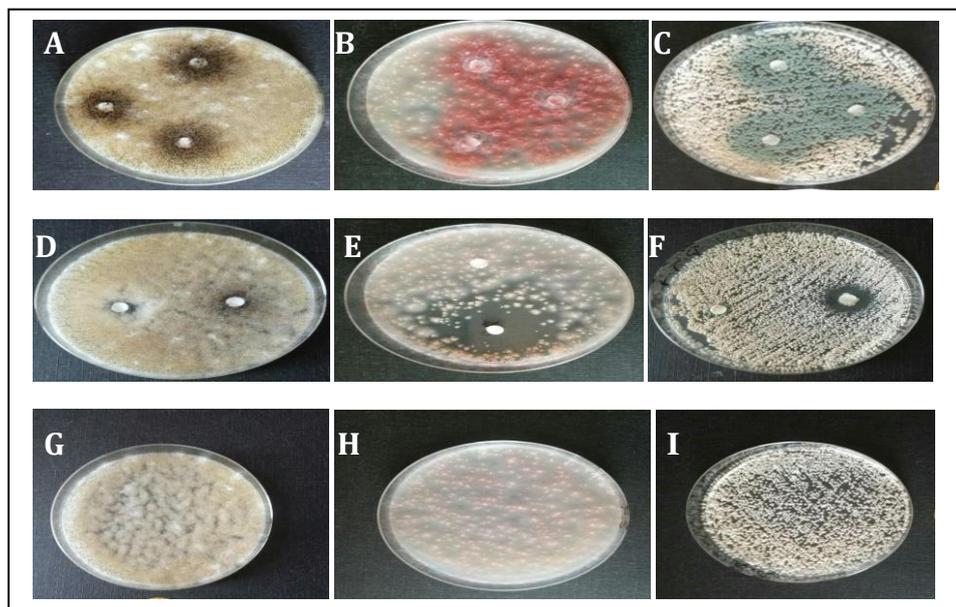


Figure 17 : Photographies des résultats de l'activité antifongique (A :*Aspergillus Niger* ; B : *Fusarium sp* ; C : *Penicillium sp* ;D : témoin positive de *Aspergillus niger* ; E : témoin positive de *Fusarium sp* ; F :témoin positive de *Penicillium sp* ;G:témoin négative de *Aspergillus niger* ;H : témoin négative de *Fusarium sp* ;I :témoin négative de *Penicillium sp*).

Conclusion

Conclusion

Conclusion

La présente étude a été consacrée à l'utilisation de la poudre larvaire comme biofertilisant et comme alternative biologique pour la lutte contre l'utilisation abusive des engrais chimiques et des pesticides.

Les résultats de l'utilisation de la poudre larvaire qui est un produit riche en protéines, testé sur la germination des graines d'orge et sur l'activité antifongique *vis-à-vis* les champignons phytopathogènes, ainsi que sur les différents paramètres de croissance de l'orge lors de son ajout par deux méthodes (suspensions, poudre directement) dans deux type de sol (riche, pauvre) Ont permis d'avoir des résultats significatifs. Cette étude nous a permis de conclure que :

- À une faible dose (concentration de la suspension 10%, et quantité de poudre larvaire 1g), la germination et la croissance de l'orge sont plus importantes.
- L'utilisation de la poudre larvaire sous forme paillis présente une meilleure stimulation de la croissance de l'orge dans les deux types du sol (riche et pauvre). Alors que son utilisation sous la forme de suspension, aucun effet sur leur croissance dans le sol pauvre n'a été observée.
- La période de 3- 6 jours est la phase de croissance optimale de l'orge, qui serait le moment propice pour l'apport de nutriment (azote, phosphore, potassium) et eau pour l'orge pour optimiser le rendement.
- L'utilisation de l'acétone 50% comme solvant d'extraction par la méthode de macération à permis d'extraire le maximum des composants actif de la poudre larvaire avec un taux de 20.9%.
- Les extraits de la poudre larvaire possèdent un effet fongistatique *vis-à-vis* des champignons phytopathogènes (*Aspergillus niger*, *Penicillium sp*, *Fusarium sp*). La zone de sporulation la plus importante a été obtenue par l'extrait acétonique (50%) avec macération (16.2mm) contre *Aspergillus Niger*.

L'étude réalisée ne permet pas la détermination des différents constituants des extraits ainsi que leur mode d'action, d'où la nécessité d'effectuer d'autres études plus approfondies et plus sélectives. En terme de perspectives et dans le but de compléter ce travail ; il serait intéressant de faire :

- Une analyse qualitative de la poudre afin d'identifier les composés impliqués dans ces activités.

Conclusion

- Tester l'effet de la poudre sur autres types des plantes d'intérêts.
- Valoriser les déchets d'élevage comme biofertilisant.
- Étudier d'autres activités biologiques (antioxydant ; polyphénol...).
- Étudier les paramètres qui influenceraient le cycle de développement des Calliphoridae.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

Abdelly, C. (2007). bioremédiation/ phytoremédiation. 33p.

Amendt, J., Krettek, R. et Zehner, R. (2004). Forensic entomology. Naturwissenschaften. 91: 51-65.

Amouzou, C. (2003). Gestion intégrée de la fertilité des sols sur les parcelles maraichères de thasommo village, Loas et FUSAGX, Gembloux. 76p.

Arora, N.K., Tewari, S., Singh, S., Lal, N. et Maheshwari, D.K. (2012). PGPR for protection of plant health under saline conditions. In: Maheshwari DK (ed.) Bacteria in agrobiology: Stress management. p.239-258.

Atiri, K. (2002). La fertilisation: engrais et production agricole. INRA. Tunisie. 5p.

Baca, B.E. et Elmerich, C. (2007). Microbial Production of Plant Hormones. In: Elmerich C., Newton W.E. (Eds). Associative and Endophytic Nitrogen-fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations, Springer, Netherlands. p. 113-143.

Bais, H.P., Weir, T.L., Perry, L.G., Gilroy, S. et Vivanco J.M. (2006). The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. Annu Rev Plant Biol 57: 234–266.

Bakker, P.A.H.M., Van Peer, R. et Schippers, B. (1991). Suppression of soil-borne plant pathogens by fluorescent pseudomonads: mechanisms and prospects. In: A. R. B. Beemster, G. J. Bollen, M. Gerlagh, M. A. Ruissen, B. Schippers et A. Tempel (réds.), Biotic interactions and soilborne diseases. Elsevier, New York. p. 217- 230

Belabid, L., Baum, M., Fortas, Z., Bouznad, Z. et Imad-Eujayl, I. (2004). Pathogenic and genetic characterization of Algerian isolate of *Fusarium oxysporum* f. sp. lentis by RAPD and AFLP analysis. Afr. J. Biotechnol. 3: 25-31.

Bever, J.D., Platt, T.G. et Morton, E.R. (2012). Microbial population and community dynamics on plant roots and their feedbacks on plant communities. Annual Review of Microbiology. 6: 265-283.

Biogenie, I.N.C. (1994). Profile d'entreprise. Ste-Foy, QC. 1p.

Références bibliographiques

Blahovec, J., Kostecka, Z. et Kocisova, A. (2006). Peptidolytic enzymes in different larval stadium of housefly *Musca domestica*. *Veterinarni Medicina*. 51:139-144.

Blancard, D. (1997). Les maladies de la tomate : Observer, identifier, lutter. Station de Phytopathologie Végétale. 12: 170- 179.

Bonn, A. (2000). Signalé que Thomas (1999) a trouvé in vivo, de l'ammoniac dans les sécrétions qui en augmentant le pH de la plaie participerait à l'effet antimicrobien.

Borah, K.K., Bhuyan, B. et Sarma, H.P. (2010). Lead, arsenic, fluoride, and iron contamination of drinking water in the tea garden belt of Darrang district, Assam, India. *Environmental monitoring and assessment*. 169: 347-352.

Bouras, M. (2014). Isolement et identification des *pseudomonas spp* fluorescents à partir de la rhizosphère des plantes actinorhiziennes, Faculté des sciences de la nature et de la vie Constantine. 94p.

Bousseboua, H. (2005). Eléments de microbiologie. Campus-Club, Algérie, (2^{ème} Edition). p.179- 199.

Braack, L.E. (1987). Community dynamics of carrion-attendant arthropods in tropical african woodland. *Oecologia* .72: 402-9.

Brodie, B.B. (1984). Nematode parasites of potato. Pages 167-212 dans W.R. Nickie. ed, *Plant and Insect Nematodes*. Dekker, New York. 925p.

Bryd, J. H., Castner, J. L. (2009). Forensic entomology: The utility of arthropods in legal investigations. 2 nd edition. CRC Press LLC, Boca Roton, FL. 708p.

Byrd, J. H., Castner, J. L. (2010). Insects of forensic importance. In: *Forensic entomology: the utility of using arthropods in legal investigations* (ed. by J.H. Castner & J.L. Byrd) CRC Boca Second Edition, Raton, FL. p. 29-126.

Carnavalet, C. (2018). Agriculture biologique, une approche scientifique. Éditions France agricole. 574p.

Cesbron, S.D. (2009). Interaction entre des mutants hrp d'*Erwinia amylovora*, agent du feu bactérien, le parent pathogène et la plante hôte : recherche de mécanismes modulant la

Références bibliographiques

compatibilité. Thèse de Doctorat : Biologie cellulaire et moléculaire végétale. Angers : Université d'Angers. 192p.

Charabidze, D. (2008). Étude de la biologie des insectes nécrophages Et application à l'expertise en entomologie médico-légale, Université du Droit et de la Santé - Lille II. Français. p.1-278.

Charles, V. (2018). Caractéristiques des produits issus de l'élevage d'insectes, débouchés et usages de ces produits, précautions et mises en garde. Sciences pharmaceutiques. Ffdumas-01711123.

Chauv, S. et Jonathan, J. (2000). *Caenorhabditis elegans* : Un modèle d'étude des interactions hôte-organisme pathogène. Médecine /sciences. 16: 8-9.

Chitarra, G. S., Abee, T., Rombouts, F.M., Posthumus, M.A. et Dijksterhuis, J. (2004). Germination of *Penicillium paneum* conidia is regulated by 1-octen-3-ol, a volatile self-inhibitor. *Applied and Environmental Microbiology*. 70(5): 2823-2829.

Chroth, M.N. et Hancock, J.G. (1981). Selected topics in biological control. *Annu Rev Microbiol*. 34: 453-476.

Clémentine, D. (2013). Humus : définition, rôles et intérêts pour les plantes. 842p.

Corbaz, R. (1990). Principe de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. Presse polytechniques et universitaires romandes.8p.

Dakora, F.D. et Phillips, D.A. (2002). Root exsudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments *Plant Soil*. 245: 35-47.

Dekeirsschieter, J., Charabidzé, D. et Haubruge, M. (2014). Marcel Leclereq, un pionnier de l'entomologie forensique. In *Insectes, cadavre et scènes de crime: Principe et application de l'entomologie médico-légale* (ed. By D. Charabidzé& M. Gosselin). Deboeck. p. 21-35.

Dijksterhuis, J. (2003). Confocal microscopy of Spitzenkörper dynamics during growth and differentiation of rust fungi. *Protoplasma*. 222(1): 53-59.

Doucet, R. (2006). Le climat et les sols agricoles. Ed. Berger, Eastman, Québec, xv. 443p.

Références bibliographiques

DU SOL, I.E. (2006). Les ravageurs et maladies du sol dans le potager. 8p.

Elad, Y. et Kapat, A. (1999). The role of trichoderma harzianum protease in the biocontrol of botrytis cinerea. European Journal of plant pathology.105(2): 177-189.

FAO. (2011). L'état des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde. Gérer les systèmes en danger. 6p.

Feikema, P.M., Morris J.D. et Connell, L.D. (2010). The water balance & water sources of a Eucalyptus plantation over shallow saline groundwater. Plant and soil. 332: 429-449.

Garima, D., Bharati, K., Vijay, K.G., Arvind, K.S. et Santosh, R.M. (2016). Diversity of bacteria and archaea in the rhizosphere of bioenergy crop Jatropha curcas. 6 (2): 1-10.

Gaudry, E., Amendt, J., Campobasso, C.P., Reiter, C., LeBlanc, H.N. et Hall, M.J.R. (2007). Best practice in forensic entomology – standards and guidelines. International Journal of Legal Medicine. 121(2): 90-104.

Gennard, D.E. (2007). Forensic entomology, an introduction. Wiley, Chichester. 224p.

Glick, B.R. et Pasternak, J.J. (1998). Plant growth promoting bacteria in molecular biotechnology principals and application of recombinant DNA. 2nd Ed. ASN press, Washington DC. glutamine synthetase expression and accumulation. environmental and experimental Botany. 60: 121-126.

Glick, B.R., Cheng, Z. et Czarny, J. (2007). Promotion of plant growth by ACC deaminase-producing soil bacteria. New perspective and approaches in plant growth promoting Rhizobacteria research. 119: 329-339.

Gobat, J.M., Aragno, M. Matthey, W. Et Sarma, V.A.K. (2004). The Living soil, fundamentals of soil science and soil biology. science Pub Inc.33p.

Gomes, L. et Von Zuben, C.J. (2005). Dispersion radiale post-alimentation chez les larves de Chrysomya albiceps (Diptera: Calliphoridae): implications pour l'entomologie médico-légale. Forensic science international.155(1): 61-64.

Références bibliographiques

Gourmel, C. (2014). Catalogue illustré des principaux insectes ravageurs et auxiliaires des cultures de Guyane. Coopérative bio savane.78p.

Guyenot, E. (1906). L'appareil digestif et digestion de quelques larves de mouches. Society of Biology. 61: 634-635.

Guyomard, H. (2009). Nourrir la planète de façon durable est possible, à condition que. Politique étrangère. 2: 291-303.

Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee, W.F. et Kloepper, J.W. (1997). Bacterial endophytes in agricultural crops. Can. J. Microbiol. 43: 895-914.

Han, J., Sun, L., Dong, X., Cai, Z., Sun, X., Yang, H., Wang, Y. et Song, W. (2005). Characterization of a novel plant growth-promoting bacteria strain. Delftia tsuruhatensis HR4 both as a diazotroph and a potential biocontrol agent against various plant pathogens. Syst Appl Microbiol. 28(1): 66–76.

Harman, G.E. et Shores, M. (2007). The Mechanismes and Application of Symbiotic Opportunistic Plant Symbionts. In Vurro M. and Gressl J. (eds), Novel Biotechnologies for Biocontrol Agent Enhancement and Management.p.131-155.

Hausse, J., Mrosk, C., Isayenko, V. et Strack, D. (2007). Jasmonates in arbuscular mycorrhiza linteraction. phtochemistry. 68: 101-110.

Hellalenn, A. (2001). Les microbes au secours de l'environnement Journée Mondiale de l'Environnement. 25p.

Helluy, S. Holmes, J.C. (2005). Parasitic manipulation: further considerations. Behavioural processes. 68(3): 205-210.

Holford, J.C.R. (1997). Soil phosphorus: its measurement, and Its uptake by plants. Aust J SoilRes. 35: 227-239.

Hopkin, W.G. (2003). Le rôle des hormones dans le développement d'une plante. In Rambour S. (1^{ère} ed), physiologie végétale. p. 309-333.

Références bibliographiques

Huang, B., Duncan, R.R. et Carrow, R.N. (1997). Drought-resistance mechanisms of seven warm-season - turfgrasses under surface soil drying: II. Root aspects. *Crop Sci.* 37: 1863–1869.

Huchet, J. B. (2017). Des mouches, des morts, des offrandes: archéo entomologie de tombes mochicas de la pyramide de la Lune, Pérou. *Recherches amérindiennes au Québec.* 47: 23-34.

Illoul, H., Hernández, F.R., Vila, M., Adjias, N., Younes, A.A., Bournissa, M. et Aneur, F.L.K. (2012). The genus *Ostreopsis* along the Algerian coastal waters (SW Mediterranean Sea) associated with a human respiratory intoxication episode. *Cryptogamie, Algologie.* 33: 209- 216.

Inckel, M., Smet, P.D., Tersmette, T. et Veldkamp T. (2005). Fabrication et utilisation du compost. *Agromisa /CTA.* 6p.

Jobin, P. et Petit J. (2004). la fertilisation organique des cultures FABQ. 53p.

Jones, D.L., Hodge, A. et Kuzyakov, Y. (2004) Plant and mycorrhizal regulation of rhizodeposition *New Phytol.* 63: 459-480.

Joshi, F., Archana, G. et Desai, A. (2006). Siderophore cross- amongst rhizospheric bacteria and the role of their differential affinities for Fe³⁺ on growth Stimulation Under Iron-Limited Condition. In Desai A. *Current Microbiology.* 53: 141-147.

Keiding, J. (1986). La mouche domestique, Guide de formation et d'information, Série lutte anti-vectorielle. Ed.O.M.S. 60p.

Kelling, J., Biancaniello, G. et DenOtter, C.J. (2003). Eff ect of age and sex on the sensitivity of antennal and palpal olfactory cells of houseflies. *Entomologia Experimentalis et Applicata.* 106: 45-51.

Kloepper, J.W. (1991). Plant growth-promoting rhizobacteria as biological control agents of soil borne diseases. dans J. Bay-Petersen (éd.), *Biological control of plant diseases.* FFTC Booh Series No 42. Food and Fertilizer Technology Center, Taiwan. p. 142-156.

Références bibliographiques

Kloepper, J.W. (1992). Plant growth-promoting rhizobacteria as biological control agents. in B. Metting (éd.), Soil microbial technologies. Marcel Dekker, New York. P. 255-274.

Kloepper, J.W., Gutierrez-Estrada, A. et McInroy, J.A. (2007). Photoperiodre gulates elicitation of growth promotion but not induced resistance by plant growth-promoting rhizobacteria. Can J Microbiol. 53(2): 159–167.

Knudsen, G.R. (2013). Phytopathologie, Étude de la santé des plantes. 1^{ère} Edition, Université d'Idaho. Moscow. USA.

Lacroix, M. (2012). Les maladies bactériennes de la Tomate et du Poivron. Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec. 38p.

Lamango, N. et Isaac, E. (1993). Identification of an ACE-like peptidyl dipeptidase activity in the housefly, *Musca domestica*. Biochemical Society Transactions. p. 21- 245.

Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Anglade, J. et Garnier, J. (2014). 50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relation shipbet weenyield and nitrogen input to cropland. Environmental Research Letters. 9(10):105011.

Lecoq, H. (2008). Les virus des plantes.des ennemis redoutables. In Légumes et petits fruits. 5p.

Lemonnier, A. et Reguardat, S. (2012). Datation par la méthode entomologique. L'entomologie légale.museum national d'histoire naturelle. Académie paris. 9p.

Lepoivre, P. (2003). Les bactéries phytopathogènes, In : Phytopathology. Lepoivre P. (Eds). De Boeck, Bruxelles.10p.

Lynch, J.M., Brimecombe, M.J. et De Leij F.A (2001) Rhizosphère 10.1038 / npg .els.0000403.

Marshall, S. (2012). Flies, The natural history and diversity of Dipter. Firely Book Ltd.Bufflo. 616p.

Références bibliographiques

Martínez-Viveros I.O., M.A. Jorquera D.E., Crowley G. Gajardo et M.L. Mora. (2010). Mechanisms and practical considerations Involved in plant growth promotion by rhizobacteria. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 10: 293-319.

Mathieu, C. et Pielain, F. (2003). Prélèvement et préparation des échantillons de terre, In *Analyse chimique des sols « méthodes choisies »* Edition TEC et DOC. p. 1-22.

Mehta, P., Walia A., Chauhan, A., Kulshrestha, S. et Shirkot, C.K. (2013) Phosphate solubilisation and plant growth promoting potential by stress tolerant *Bacillus sp.* Isolated from rhizosphere of apple orchards in trans Himalayan region of Himachal Pradesh. *Ann. Appl. Biol.* 163: 430-443.

Mensah, G., Pomalegni, S., Koudjou, A., Cakpovi, J., Adjahoutonon, K. et Agoundo A. (2007). Farine d'asticots de mouche, une source de protéines bien valorisée dans l'alimentation des canards de barbarie. Abomey-Calavi (Bénin), Colloque de l'UAC, Sciences naturelles et agronomiques. p. 24-29.

Mesa, J., Mateos-Naranjo, E., Caviedes, M.A., Redondo-Gómez, S., Pajuelo, E. et Rodríguez-Llorente, I.D. (2015). Endophytic cultivable bacteria of the metal bioaccumulator *Spartina maritima* improve plant growth but not metal uptake in polluted marshes soils. *Frontiers in microbiology*, vol . 145p.

Messiaen, C.M., Blancard, D., Rouxel F. et Lafon R. (1991). Les maladies des plantes maraîchères. INRA, Paris. p. 351-355.

Michael, J.D. et Lee, M. (1998). L'agriculture et l'agroalimentaire, Vers une production alimentaire durable. Une approche à l'étude de certaines questions concernant le Canada fondée sur la prise de décision. 35p.

Morgan, J.A.W., Bending, G.D. et White, P.J. (2005). Biological costs and benefits to plant-microbe interactions in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany.* 56: 1729-1739.

Nabti, E., Bensidhoum, L., Tabli, N., Dahel, D., Weiss, A., Rothballer, M., Schmid, M. et Hartmann, A. (2014). Growth stimulation of barley and biocontrol effect on plantpathogenic fungi by a *Cellulosimicrobium sp.* strain isolated from salt-affected rhizosphere soil in northwestern Algeria. *Eur J Soil Biol.* 61: 20-26.

Références bibliographiques

Neilands, J.B. (1995). Siderophores: structure and function of microbial iron transport compounds. *J. Biol. Chem.* 270: 26723–26726.

Noël, A. (2017). Maladies et ravageurs de plantes Comment faire face et aménager un jardin naturel pour prévenir les attaques. Centre provincial de l'agriculture et de la ruralité. 14p.

Norini, M.P. (2007). Ecodynamique des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des communautés microbiennes dans des sols à pollution mixte (HAP, métaux, avant et après traitement par biopile et par désorption thermique : influence de la rhizosphère et de mycorhization. Thèse de Doctorat en Géosciences. Université Henri Poincaré Nancy. 33p.

Noumeur, S. (2008). Biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le microbiote tellurique de la région de Hamla (Batna). Th doctorat : Biologie : Université Mentouri Constantine. 74p.

Nyiransengiyumva, C. (2007). Effet de différents éléments minéraux sur la croissance et le développement du champignon *Helminthosporium solani*, agent responsable de la gale argentée de la pomme de terre. 66p.

Nzamujo, O.P. (1999). Technique for maggot production. The Songhai experience. Unpublished Report. 8p.

Pal, K. K. et Gardener, B. M. (2006). Biological Control of Plant Pathogens. The Plant Health Instructor. p.1-25.

Parida, A.K. et Jha, B. (2010). Salt tolerance mechanisms in mangroves. A review. *Trees.* 24(2): 199- 217.

Patel, S. et Rajkumar, S. (2009). Genetics of phosphate solubilization. *IcfaiUniv, .Biotechnology.* 3: 7-19.

Paulitz, T.C., Zhou, T. et Rankin, L. (1992). Selection of rhizosphere bacteria for biological control of *Pythium aphanidermatum* on hydroponically grown cucumber. *Biol. Control.* 2: 226-237.

Références bibliographiques

Pepper, I. L., Gerba, C.P. et Maier, R.M. (2000). Environmental sample collection and processing. In Maier, R. M., I. L. Pepper et C. P. Gerba (ed), Environmental microbiology. Academic Press, London. p. 177- 194.

Peres, L.E.P. et Kerbany, G.G. (1999). High cytokinin accumulation following root tip excision changes the endogenous auxin-to-cytokinin ration during root-to shoot conversion in *Catasetum Lindl* (Orchidaceae). *Plant Cell Reports*.18: 1002-1006.

Perrin, R. et Sampangi, R. (1986). La fonte des semis en pépinière forestière. *Journal européen de pathologie forestière*. 16: 309-321.

Peruch, L. A., Michereff, S. J., et Araújo, I. B. (2006). Levantamen to da intensida de da alternariose e da podridãone graem cultivosorgânicos de brassicasem Pernambucoe Santa Catarina. *Horticultura Brasileira*. 24: 464-469.

Phoebe, M. (2016). How soil type affects land values-growing produce. <https://www.growingproduce.com/author/phoebe-moll>.

Piano, S., Neyrotti, V., Migheli, Q. et Gullino, M.L. (1997). Biocontrol capability of *Metschnikowia pulcherrima* against *Botrytis* postharvest rot of apple. *Postharvest Biol. Technol.* 11: 131-140.

Podile, A.R. et Kishore, G.K. (2007). Rhizobactéries favorisant la croissance des plantes. Dans: Gnanamanic kam SS (eds) *Plant-Associated Bacteria*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4538-7_6.

Prapagdee, B., Kuekulvong, C. et Mongkolsuk, S. (2008). Antifungal potential of extracellular metabolites produced by *Streptomyces hygrosopicus* against phytopathogenic fungi. *International journal of biological sciences*. 4(5): 330.

Quy Diem, D.O., Angkawijaya, A.E., Trannguyen, P.L. (2014), Effet du solvant d'extraction sur la teneur totale en phénol, la teneur totale en flavonoïdes et l'activité antioxydante de. *Journal d'analyse des aliments et drogues* . 22: 296-302.

Ralph, E.G. (1939). Properties of clay. state geological survey. printed by authority of the state of illinois. 39p.

Références bibliographiques

Ramamoorthy, V., Viswanathan, R., Raghuchander, T., Prakasam, V. et Samiyappan, R. (2001). Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. *CropProt.* 20: 1-11.

Richard, C. et Boivin, G. (1994). Maladies et ravageurs des cultures légumières au Canada. Ottawa: Société Canadienne de Phytopathologie et Société d'Entomologie du Canada. p. 296-318.

Ricklefs, R.E. et Miller, G.L. (2005). *Ecologie.* Ed. De Boeck université. Paris. 858p.

Ritchey, E.L., Grath, M., Joshua, M. et Gehring, D. (2015). *Determining Soil Texture by Feel Agriculture and Natural Resources Publications.* 139p.

Rodriguez, H.G., Mondal, B., Sarkar, N.C., Ramaswamy, A., Rajkumar, D. et Maiti, R.K. (2012). Comparative Morphology & Anatomy of Few Mangrove Species in Sundarbans, West Bengal, India and its Adaptation to Saline Habitat. *International Journal of Bio-Resource & Stress Management.* 3p.

Roth, F.X. (1980). Micro-organisms as a source of protein for animal nutrition. *Anim. Res. Dev.* 12: 7-19.

Sarah, D., Ellis, S.D. et B€Ehn, M.J. (2008). Plants get sick too an introduction to plant disease. *Ohio State University Extension.* p. 401-405.

Schenk, H.J. et Jackson, R.B. (2005). Mapping the global distribution of deep roots in relation to climate and soil characteristics. *Geoderma.* 126: 129–140.

Schenk, H.J. et Jackson, R.B. (2002). Rooting depths, lateral root spreads and below-ground/above-ground allometries of plants in water-limited ecosystems. *J Ecol.* 90: 480-494.

Schroth, M. et Kloepper, J. (1978). plant growth promoting rhizobacteria on radish paper presented at: proceedings of the fourth conference plant pathogenic bacteria edstation. 2: 879-882.

Schroth, M.N. et Hancock J.G. (1982). Disease suppressive soil and root colonizing bacteria. *Science.* 216: 1376-1381.

Références bibliographiques

- Sezonov, G. (2008).** Les Archaea - le troisième domaine du vivant BMC. 429p.
- Sharma, S., Aneja, M.K., Mayer, J., Munch, J.C. et Schloter, M. (2005)** Characterization of bacterial community structure in rhizosphere soil of grain legumes. MicrobEco. 149: 407-415.
- Siddiqui, Z.A. (2005).** PGPR: Prospective biocontrol Agents of Plant Pathogens of Plant Pathogens. In Siddiqui Z.A. (ed), PGPR: biocontrol and biofertilisation.p.111-142.
- Sposito, G. (2020).**"Soil". Encyclopedia Britannica. . [https:// www.britannica.com /science/soil](https://www.britannica.com/science/soil).
- Sullivan, T. (2004).** Interaction between Soil Microbial Communities and Plant Roots : Aminireview. Soil and Crop Sciences, Colorado State University.
- Syed, S. et Prasad, T.N.V.K.V. (2017).** Plant growth promoting rhizobacteria for sustainable agricultural practices with specialreference to biotic and abiotic stresse. 84: 603-615.
- Taktek, S. (2015).** Dissolution biologique des phosphates : Interaction bactéries – mycorrhizes. Thèse de doctorat. Université LAVAL québec canada.11p.
- Tarkka, M., Schrey, S. et Hampp, R. (2008).** Pant Associated Soil Micro-organisms .P.3-51 In Nautiyal C.S. and Dio P. (eds), Molecular Mechanisms of Plant and Microbe Coexistence.Soil Biology .15p.
- Tegua, A., Mpoame, M. et Okourou, M.B.A. J. (2002).** The production Performance of broilerbirds as affected by the replacement of fishmeal by maggot meal in the starter and finisherdiets. Tropicultura. 20: 187-192.
- Thivolle-Cazat, A. (1992).** Dynamique de l'azote dans les jeunes plants d'épicea commun (Picea Abies (L.) Karsten). Doctoral dissertation, Université Henri Poincaré-Nancy 1.
- United Nations. (2019).** World population prospects 2019: highlights. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 5p.

Références bibliographiques

- Van asperen, K. (1959).** Distribution and substrate specificity of esterases in the housefly, *Musca domestica*. *J.Ins.Physiol.* 3: 306-322.
- Van Beckum, J.M.M. et Wang, M. (1994)** Effect of short chain fatty acids on physiology of barley grains cv. triumph with different level of dormancy, *Plant Sciences.* 102:153-160.
- Van Wambeke, A. (1992).** Soils of the Tropics. Properties and Appraisal. McGraw Hill, New York, USA. 353p.
- Vessey, J.K. (2003).** Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers *Plant Soil*, with but not metal uptake in polluted marshes soils *Front. Microbiol.* p. 571-586.
- Viroje, W. et Malin, S. (1989).** Effects of fly larval meal grown on pig manure as a source of protein in early weaned pig diets. *Thurakit-Ahansat.* 6: 28-31.
- Wall, R. (1993).** The reproductive output of the blowfly, *Lucilia sericata*. *Journal of Insect Physiology.* 9: 743-50.
- Webster, N.S. et Bourne, D. (2007).** Bacterial community structure associated with the Antarctic soft coral, *Alcyonium antarcticum*. *FEMS Microbiology Ecology.* 59: 81-94.
- Weyens, N., Monchy, S., Vangronsveld, J., Taghari. et Lelie, D.V. (2010).** Plant-Microbe Partnerships (ed.), *Hand booh of Hydrocarbon and Lipid Microbiology.* p.547-257.
- Whipps, J.M. (2004)** Prospects and limitations for mycorrhizas in biocontrol of root pathogens. *Canadian Journal of Botany.*82: 1198-1227.
- Woo, S. L. et Lorito, M. (2007).** Exploiting the Interaction Between Fungal Antagonist Pathogens and the Plant for Biocontrol. In Vurro M. and Gressel J. (eds), *Novel Biotechnologies for Biocontrol Agent Enhancement and Managment.* p.107-130.
- Wyss, C. et Cherix, D. (2014)** les diptères nécrophages. In *Insectes, cadavre et scènes de crime: Principe et application de l'entomologie médico-légale* (ed. By D. Charabidzé & M. Gosselin). Deboeck. p. 59-78.
- Wyss, C. et Cherix D. (2006)** *Traité de l'entomologie forensique: Les insectes sur la scène de crime.* Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 17p.

Références bibliographiques

Yazdani, M., Bahmany, A., Hemmatollah, P., et Esmaili, M.A. (2009). Effect of Phosphate Solubilization Microorganisms (PSM) and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield and Yield Components of Corn (*Zea mays* L.) World Academy of Science, Engineering and Technology .49p.

Annexes

Annexes

Annexe I

Matériel du terrain

- Bouteilles en plastique d'un litre
- Gants chirurgicaux
- Bavettes
- Deux Récipients en plastique avec couvercle
- Pincés souples
- Appareil photos
- La gaze
- Les appâts de la volaille
- Le Sable
- Sciure de bois
- Graines d'orge

Matériel du laboratoire

- Étuve (pour le séchage des asticots récoltés)
- Broyeur électrique (pour le broyage des larves)
- Balance
- Boite pétri
- Eau distillé
- Flacons
- Éprouvette
- Plaque agitatrice
- Papier wattman
- PH-mètre
- La hotte

Composition de milieux de culture :

PDA (Potato Dextrose Agar)

Milieu PDA :

Potato Dextrose Agar Extrait de pomme de terre	4g
D-glucose	20g
Agar bactériologique.....	15g
Eau	

Annexes

distillée.....1000ml

PH.....5.8

Annex II

La longueur (cm) des tiges dans le sol riche durant 15 jour traitées par suspension larvaire

Moyenne	3-j	6-j	9-j	12-j	15-j
t	1,42	7,66	10,96	12,25	12,40
10%	1,85	11,39	13,88	14,85	15,16
30%	1,43	9,38	12,15	13,37	13,63
50%	0,37	9,35	12,08	13,09	13,45
100%	0,26	8,40	10,98	12,13	12,39

La longueur (cm) des tiges dans le sol riche durant 15jour traitées par poudre directement

Moyenne	3-j	6-j	9-j	12-j	15-j
t	1,42	7,66	10,96	12,25	12,40
1g	1,03	10,48	12,53	13,67	13,91
2g	1,26	8,71	10,63	11,59	11,68
3g	0,48	9,04	10,31	11,30	11,49
4g	0,79	7,69	9,91	10,84	11,10

La longueur (cm) des tiges dans le sol pauvre durant 15 jours traités par suspension

Moyenne	3-j	6-j	9-j	12-j	15-j
t	0,20	5,22	8,76	9,80	10,10
10%	0,00	0,67	3,52	4,97	6,02
30%	0,00	0,23	3,64	5,26	5,89
50%	0,00	1,23	6,06	7,29	8,34
100%	0,00	1,33	4,76	5,85	6,52

La longueur (cm) des tiges dans le sol poudre durant 15jour traitées par poudre directement

Moyenne	3-j	6-j	9-j	12-j	15-j
t	0,20	5,22	8,76	9,80	10,10
1g	0,06	6,09	10,96	11,92	12,10
2g	0,21	4,93	8,68	9,75	9,99
3g	0,00	4,31	9,29	10,58	10,85
4g	0,00	2,29	8,13	9,16	9,37

Annexes

Poids des tiges traitées par poudre larvaire directement

mesure de poids des tige (g)					
Type du sol	témoin	1g	2g	3g	4g
Sol riche	1	2,075	1,946	1,705	1,463
Sol pauvre	0,716	1,264	0,96	1,01	0,932

Poids des tiges traitées par suspension larvaire

mesure de poids des tige (g)					
Type du sol	Témoin	10%	30%	50%	100%
Sol riche	1	2,091	2,113	1,933	1,606
Sol pauvre	0,716	0,715	0,866	1,001	0,84

La longueur des racines (cm) traitées par poudre larvaire directement

Moyenne	Témoin	1g	2g	3g	4g
Sol riche	7,76	13,68	12,62	12,63	10,90
Sol pauvre	14,50	16,98	15,92	14,13	14,15

La longueur des racines (cm) traitées par suspension larvaire.

Moyenne	Témoin	10%	30%	50%	100%
Sol riche	7,76	15,37	14,75	10,92	13,76
Sol pauvre	14,50	12,77	15,03	12,63	11,15

Poids des racines (g) traitées par poudre larvaire directement

Mesure de poids des racines (g)					
Type du sol	Témoin	1g	2g	3g	4g
Sol riche	0,132	0,382	0,306	0,335	0,223
Sol pauvre	0,0816	0,144	0,085	0,148	0,147

Poids des racines (g) traitées par suspension larvaire

Mesure de poids des racines (g)					
Type du sol	Témoin	10%	30%	50%	100%
Sol riche	0,132	0,339	0,321	0,252	0,202
Sol pauvre	0,0816	0,082	0,101	0,092	0,09

Résumé : Ce travail a été consacré à l'utilisation des larves des calliphoridae comme des bio-fertilisants dans le but d'améliorer l'agriculture. Pour cela dans un premier temps, la poudre larvaire à été préparé après capture des mouches à viande et élevage des larves, ensuit sécher et broyer. Cette poudre a été utilisée pour le test de germination de l'orge à différente concentration (10%,30%,50%,100%). Mais également pour étudier son effet sur la croissance de l'orge (tige et racine par mesure des poids, longueur) avec ces mêmes concentrations et l'application directe de cette poudre larvaire (1g, 2g, 3g, 4g) dans deux type de sol (sol pauvre, sol riche). Des extraits de poudre larvaire ont été préparé avec l'acétone 50% , le méthanol 50%, et l'eau par deux méthodes : la macération et les ultrasons. Ces extraits ont été utilisés pour la mise en évidence de l'activité antifongique sur trois types des champignons phytopathogènes *penicillium sp*, *Aspergillus niger*, *Fusarium sp*. Les résultats ont montré que l'effet optimal de la poudre sur la germination est obtenu à 10%. Ainsi les valeurs les plus importantes concernant les différents paramètres mesurées, ont été observé à la même concentration (10%) dans le sol riche et avec 1g pour les deux types du sol. L'étude de l'activité antifongique n'a montré aucune zone d'inhibition. En revanche des zones de sporulation de couleur différentes et diamètres différents ont été observées ce qui dénote un effet fungistatique. Le meilleur effet de la poudre est obtenu à de faibles concentrations pour la germinations et faible quantité et concentration pour la croissance de l'orge.

Mots clé : Calliphoridae, bio-fertilisants, poudre larvaire, l'orge, phytopathogènes

Abstract: This work has been devoted to the use of calliphoridae larvae as biofertilizers to improve agriculture. To do this first, the larval powder was prepared after capturing the meat flies and rearing the larvae, then drying and grinding. This powder was used for the germination test of barley at different concentration (10%, 30%, 50%, 100%). But also to study its effect on the growth of barley (stem and root by measuring weight, length) with these same concentrations and the direct application of this larval powder (1g, 2g, 3g, 4g) in two types of soil (poor soil, rich soil). Extracts of larval powder were prepared with 50% acetone, 50% methanol, and water by two methods: maceration and ultrasound. These extracts were used to demonstrate the antifungal activity on three types of the phytopathogenic fungi *penicillium sp*, *Aspergillus niger*, *Fusarium sp*. The results showed that the optimal effect of the powder on germination is obtained at 10%. Thus the most important values concerning the various parameters measured, were observed at the same concentration (10%) in the rich soil and with 1g for the two types of soil. The study of antifungal activity did not show any zone of inhibition. On the other hand, sporulation zones of different colors and different diameters were observed, which denotes a fungistatic effect. The best effect of the powder is obtained at low concentrations for germination and low quantity and concentration for growing barley.

Key words : Calliphoridae, biofertilizers, larval powder, barley, phytopathogens

ملخص : تم تخصيص هذا العمل لاستخدام يرقات calliphoridae كأسمدة حيوية لتحسين الزراعة. للقيام بذلك أولاً ، تم تحضير مسحوق اليرقات بعد التقاط ذباب اللحم وتربية اليرقات ، ثم تجفيفها وطحنها. تم استخدام هذا المسحوق لاختبار إنبات الشعير بتركيزات مختلفة (10% ، 30% ، 50% ، 100%). ولكن أيضاً لدراسة تأثيرها على نمو الشعير (الجذع والجذر عن طريق قياس الوزن والطول) بنفس هذه التركيزات والتطبيق المباشر لمسحوق اليرقات (1g ، 2g ، 3g ، 4g) في نوعين من التربة (التربة الفقيرة ، تربة غنية). تم تحضير مستخلصات مسحوق اليرقات مع 50% أسيتون و 50% ميثانول وماء بطريقتين: النقع والموجات فوق الصوتية. تم استخدام هذه المستخلصات لإثبات الفعالية المضادة للفطريات على ثلاثة أنواع من الفطريات الممرضة للنبات: *penicillium sp* ، *Aspergillus niger* ، *Fusarium sp*. أظهرت النتائج أن التأثير الأمثل للمسحوق على الإنبات تم الحصول عليه عند 10%. وهكذا لوحظت أهم القيم المتعلقة بالمعايير المختلفة التي تم قياسها عند نفس التركيز (10%) في التربة الغنية ومع 1g لنوعي التربة. لم تظهر دراسة النشاط المضاد للفطريات أي منطقة تثبيط. من ناحية أخرى ، لوحظت مناطق تكوّن بألوان مختلفة وأقطار مختلفة ، مما يدل على تأثير فطري. يتم الحصول على أفضل تأثير للمسحوق بتركيزات منخفضة للإنبات وكمية وتركيز منخفضين لنمو الشعير

الكلمات الرئيسية: Calliphoridae, الأسمدة الحيوية, مسحوق اليرقات والشعير, مسببات الأمراض النباتية