



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie  
Département des sciences de la nature et de la vie

# MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Microbiologie appliquée

Réf. : .....

---

Présenté et soutenu par :

**Imane DJEBARI**

Le : mercredi 9 septembre 2020

## Thème

# Contribution à l'étude de pouvoir antagoniste d'un compost

---

### Jury :

Titre	M. Samir GUEMEZ	Grade	M A A	Président
Titre	Mme. Hassina GHITI	Grade	M C B	Rapporteur
Titre	Mme. Wided BOUGUENOUN	Grade	M C A	Examineur

Année universitaire : 2019 - 2020

# Sommaire

**Remerciements**

**Dédicace**

**Liste des Tableaux..... I**

**Liste des Figures .....II**

**Liste des abréviations..... III**

## **Partie Bibliographique**

**Introduction ..... 1**

**Chapitre 1 : Généralités sur le compost et le compostage ..... 3**

1.1. Définitions ..... 3

1.1.1. Définition du compostage ..... 3

1.1.2. Définition du compost..... 3

1.2. Intérêts du compostage et applications du compost ..... 4

1.3. Les microorganismes décomposeurs ..... 4

1.3.1. Les bactéries..... 4

1.3.2. Les actinomycètes ..... 6

1.3.3. Les champignons ..... 6

**Chapitre 2 : Pouvoir antagoniste des composts..... 8**

2.1. Définition d'antagonisme ..... 8

2.2. Types d'antagonisme microbien..... 8

2.2.1. Antagonisme direct ..... 8

2.2.1.1. Parasitisme et Hyper-parasitisme ..... 8

2.2.1.2. Antagonisme par antibiose ..... 8

2.2.1.2.1. Antibiose par synthèse des antibiotiques ..... 9

2.2.1.2.2. Antibiose par synthèse des substances volatiles .....	9
2.2.1.2.3. Antibiose par synthèse des déchets métaboliques ou d'autres composés allélochimiques .....	9
2.2.1.3. Antagonisme par élaboration des enzymes lytiques .....	9
2.2.1.4. Antagonisme par détoxification des facteurs de virulence .....	9
2.2.1.5. Antagonisme composé.....	9
2.2.2. Antagonisme indirect .....	10

## **Partie Expérimentale**

<b>Chapitre 3 : Matériels et méthodes.....</b>	<b>11</b>
3.1. Matériels .....	11
3.1.1. Matériels utilisés .....	11
3.1.2. Matériels biologiques.....	11
3.1.2.1. Fruits de tomate infectés.....	11
3.1.2.2. Grains de pollen de palmier dattier infectés .....	12
3.1.2.3. Les isolats de <i>fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici</i> phytopathogène.....	13
3.1.2.4. Les composts .....	13
3.1.2.5. Les Agents de Bio Contrôle.....	15
3.1.2.5.1. Les bactéries .....	15
3.1.2.5.2. Les moisissures.....	16
3.2. Méthodes .....	16
3.2.1. Isolement des phytopathogènes .....	16
3.2.1.1. Isolement de phytopathogène à partir des fruits de tomate infectée.....	16
3.2.1.2. Isolement de phytopathogène à partir des grains de pollen de palmier dattier infectés.....	17
3.2.2. L'identification des phytopathogènes isolés .....	18

3.2.3. Extraction de jus de compost .....	18
3.2.4. Test de pouvoir antagoniste des extraits des composts contre les souches de FOL .....	19
3.2.5. Test de pouvoir antagoniste des ABC isolés à partir des composts contre FOL .....	20
3.2.6. Test de l'effet de compostage sur le nombre de certaines entérobactéries.....	20
<b>Chapitre 4 : Résultats et discussions .....</b>	<b>21</b>
4.1. Effet des extraits des composts sur la croissance mycélienne de FOL .....	21
4.2. Effet des ABC sur la croissance mycélienne de FOL.....	24
4.2.1. Bactéries antagonistes .....	24
4.2.2. Moisissures antagonistes.....	25
4.3. Effet du compostage sur le nombre des entérobactéries.....	26
4.3.1. Coliformes totaux.....	26
4.3.2. <i>E. coli</i> .....	27
4.3.3. <i>Salmonella spp.</i> .....	28
<b>Conclusion.....</b>	<b>30</b>
<b>Bibliographie</b>	
<b>Annexes</b>	
<b>Résumés</b>	

# Remerciements

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à ma chère encadrante, **Dr. GHITI Hassina** pour sa grande assistance, ses conseils objectives, et son support moral et matériel afin de réussir ce travail.

Je tiens ensuite à remercier tout naturellement les techniciens de laboratoire de notre département et surtout M<sup>me</sup> **Moufida** qu'elle a été en charge de notre assistance, suivi, et support durant la pratique.

Je remercie également les responsables de laboratoire d'**ITDAS** d'Aïn Ben Naoui de Biskra pour fournir des fruits de tomate infectés afin de déclencher les manips.

Je remercie énormément **DJOUDI Chaima** pour son offre d'un échantillon de grains de pollen de palmier dattier infectés par une espèce fongique pour l'utiliser dans notre étude.

Je remercie vivement ma chère collègue **BEN BOUZID Nacira** et son binôme **BEN KHERARA Lamia** pour leur aide au cours de la préparation du milieu PDA.

Je remercie grandement encore mes chères amies **BARKAT Amel** et **OUCHERIF Nour El Houda** pour le matériels qu'elles ont fourni dans un moment critique.

J'adresse encore et tout fortement ma sincère reconnaissance et ma grande gratitude au **Dr. BENMEDDOUR Tarek** pour ses services techniques pour garantir l'accès à certain matériel bibliographique.

Je prends la chance encore pour remercier énormément ma chère prof. **Dr. TRABSA Hayat** pour ses recommandations, ses conseils, et surtout son énorme soutien toute au long de ces années.

Je remercie vivement la chère **BOUKHADRA Imen** qu'elle était vraiment mon compagnon de bataille.

J'adresse enfin et tout particulièrement un grand merci à tous les membres du jury qui ont accepté de consacrer leur temps pour examiner ce travail.

# Dédicace

*À ma chère mère, l'icône de l'amour inconditionnel, les sacrifices, et le support infini pour que  
j'atteigne le meilleur des potentiels*

*À mes sœurs et mon frère qui font la meilleure bénédiction de ma vie*

*À mon époux qui m'a supporté toute au long de ce parcours académique afin de me voir  
heureuse*

*À ma sœur, ma chère amie, et mon enseignante M<sup>me</sup> Fatiha Bengueraichi*

*Au cadre académique de notre département de science de la nature et de vie qui a contribué  
considérablement à me former autant qu'un microbiologiste*

*À mes collègues, mes amis, et toute personne qui va se bénéficier de ce mémoire*

*À toute personne ayant ouvert la voie pour que ce travail voie la lumière*

*À mon cher pays*

*Je dédie ce modeste travail*



# Liste des Tableaux

<b>Tableau 1</b> : Exemples des bactéries impliquées dans le processus du compostage. ....	5
<b>Tableau 2</b> : Quelques exemples sur les actinomycètes impliqués dans le processus du compostage .....	6
<b>Tableau 3</b> : Quelques exemples des champignons impliqués dans le processus du compostage ...	7
<b>Tableau 4</b> : Compositions des composts testés .....	13
<b>Tableau 5</b> : Liste des bactéries antagonistes utilisées pour le bio contrôle de FOL .....	15
<b>Tableau 6</b> : Liste de moisissures antagonistes utilisées pour le bio contrôle de FOL .....	16
<b>Tableau 7</b> : Effet du compostage sur le nombre des coliformes totaux .....	26
<b>Tableau 8</b> : Effet du compostage sur le nombre des coliformes fécaux .....	27
<b>Tableau 9</b> : Effet du compostage sur le nombre d'E.coli.....	28
<b>Tableau 10</b> : Effet du compostage sur le nombre de <i>Salmonella spp.</i> .....	29

# Liste des Figures

<b>Figure 1</b> : Compost .....	3
<b>Figure 2</b> : Echantillons des tomates infectées utilisées pour l'isolement de phytopathogène fongique .....	12
<b>Figure 3</b> : Echantillons des grains de pollen d'un palmier dattier mâle utilisées pour l'isolement de phytopathogène fongique .....	12
<b>Figure 4</b> : Culture des phytopathogènes parasites de tomates sur gélose PDA additionnée de la Streptomycine et le Chloramphénicol .....	17
<b>Figure 5</b> : Culture des phytopathogènes parasites des grains de pollen de palmier dattier sur gélose PDA additionnée de la Streptomycine et le Chloramphénicol .....	18
<b>Figure 6</b> : Inhibition de la croissance mycélienne des souches de FOL sous l'effet des composts après six jours d'incubation à 25 °C sur milieu PDA sans sulfate de streptomycine . .....	21
<b>Figure 7</b> : Inhibition de la croissance mycélienne des souches de FOL sous l'effet des extraits des composts après six jours d'incubation à 25 °C sur milieu PDA additionnée de sulfate de streptomycine .....	22
<b>Figure 8</b> : Inhibition de la croissance mycélienne de FOL sous l'effet des extraits des composts après 5 ± 2 jours d'incubation .....	23
<b>Figure 9</b> : Inhibition de la croissance mycélienne de FOL sous l'effet des bactéries antagonistes après 5 ± 2 jours d'incubation .....	24
<b>Figure 10</b> : Inhibition de la croissance mycélienne de FOL sous l'effet des moisissures antagonistes après 5 ± 2 jours d'incubation .....	25

# Liste des abréviations

**ABC**: Agent de **B**io **C**ontrôle

**B1** : *Bacillus sp. 1*

**B2** : *Bacillus sp. 2*

**BS** : *Bacillus subtilis*

**C/N** : Le rapport **C**arbone/**A**zote

**Comp 1** : Compost 1

**Comp 2** : Compost 2

**Comp 3** : Compost 3

**Comp 4** : Compost 4

**Comp 5**: Compost 5

**Comp 6** : Compost 6

**Comp 7** : Compost 7

**Comp 8** : Compost 8

**Comp 9** : Compost 9

**Comp 10** : Compost 10

**Comp 11** : Compost 11

**Comp 12** : Compost 12

**Comp 13** : Compost 13

**Comp 14** : Compost 14

**Comp 15** : Compost 15

**Comp 16** : Compost 16

**Comp 17** : Compost 17

**FA** : Fixatrices d'azote

**FE** : Formatrices d'Endospores

**FOL** : *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici*

**MO** : Matière Organique

**NPP** : le nombre le plus probable

**P** : *Penicillium sp.*

**PDA** : milieu Potato Dextrose Agar

**PF15** : *Pseudomonas fluorescens* PF15

**PO** : *Penicillium oxalicum*

**PPS7** : *Pseudomonas putida* S7

**TH1** : *Trichoderma harzianum* 1

**TH2** : *Trichoderma harzianum* 2

**UFC** : Unité formatrice de colonie

# **Partie Bibliographique**

# Introduction

L'application des produits chimiques pour lutter contre les maladies végétales d'origine fongique pose des inconvénients pour l'environnement et pour la santé : accoutumance, résidus sur les produits traités, et durabilité faible. Ceci exige la recherche des alternatives biologiques afin d'éviter les soucis de ces produits toxiques (Hibar et *al.*, 2006 ; Gurama et *al.* 2012). Le compostage présente une méthode de valorisation des déchets biodégradables, ce qui sert à la dépollution de l'écosystème, la réduction des risques sanitaires, ainsi que la fertilisation des sols voire la lutte contre les phytopathogènes d'origine tellurique. les composts font ainsi l'objet d'une solution ultime pour ce problème-là vu leur contenu microbiologique (bactéries, moisissures, voire des actinomycètes) qui sert au contrôle biologique des phytopathologies microbiennes (Adhya et *al.*, 2017 ; Singh et *al.*, 2017).

À cet effet, nous avons pris en charge le compost des fientes de pigeon et les papiers scolaires administratifs dans le but d'étudier ses caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques. Puisque les déchets compostables d'origine fécale (les fientes de pigeon dans notre cas) posent un risque sanitaire à cause de leur contenu microbiologique des pathogènes (*Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, et *Staphylococcus aureus* dans notre cas) on requiert la mise en évidence du pouvoir antagoniste du compost produit contre lesquels.

À cet effet, notre cadre d'étude va comprendre à titre d'objectifs une tentative expérimentale pour traiter les deux axes problématiques suivants :

1. Tester le pouvoir antagoniste de l'extrait du compost déjà élaboré vis-à-vis certaines souches phytopathogènes fongiques des tomates et de palmier dattier afin de l'utiliser comme une alternative biologique des produits chimiques.
2. Vérifier la capacité hygiénique de ce compost contre certaines bactéries pathogènes qui colonisent la matière fécale déjà utilisée dans le compost : *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, et *Staphylococcus aureus*.

Pour satisfaire ces deux objectifs nous avons proposé et initié de suivre la démarche suivante :

**Partie bibliographique**

**Chapitre I** : Généralités sur le compost et le compostage

**Chapitre II** : Le pouvoir antagoniste du compost

**Partie expérimentale**

**Chapitre III** : Matériels et méthodes.

**Chapitre IV**: Résultats et discussions.

**Conclusion**

# Chapitre 1 : Généralités sur le compost et le compostage

## 1.1. Définitions

### 1.1.1. Définition du compostage

Le compostage est un processus biologique aérobie de recyclage de la matière organique MO fraîche et d'énergie contenue dans les déchets biodégradables. Il s'agit d'un système de management et de valorisation des déchets urbains qui contrôle et accélère, en effet, le processus de décomposition de la biomasse par les microorganismes (et les macroorganismes) dits décomposeurs (Guet et *al.*, 2003 ; Leandro et Adriana, 2015 ; Kavita et Vinod, 2018).

### 1.1.2. Définition du compost

Le compost est le produit finit du compostage. Il s'agit d'une matière stabilisée, hygiénique, semblable à un terreau de couleur brunâtre foncée enrichi en composées humiques (Guet et *al.*, 2003 ; Zegels, et *al.*, 2018). Lorsque le processus implique les vers de terre qui agissent synergiquement avec les microorganismes, on parle du vermicompost (Kavita et Vinod, 2018).



**Figure 1** : Compost (site web, 2017)

## 1.2. Intérêts du compostage et applications du compost

Les objectifs de recyclage des déchets par compostage se récapitulent en intérêts environnementaux, économiques, et sanitaires. On peut citer les suivants :

- Transformer les matériaux en fin de vie en produit finit utilisable : le compost (Fortin et *al.*, 2011 ; Faverial, 2016) ;
- Réduire les masses et les volumes des déchets biodégradables et donc minimiser la pollution (environ 50% des déchets initiaux selon (Das et Keener, 1997) ;
- Stabiliser les déchets organiques solides et semi-solides (Yulipriyanto, 2001) ;
- Améliorer la fertilité des sols agricoles en lui enrichissant par des éléments assimilables par les organismes autotrophes (Yulipriyanto, 2001);
- Réduire (voire éliminer) les microorganismes pathogènes ou phytopathogènes qui contaminent ou se développent sur les déchets organiques ou colonisent les sols (Fortin et *al.*, 2011).

## 1.3. Les microorganismes décomposeurs

### 1.3.1. Les bactéries

Elles font la masse la plus pondérante des microorganismes préexistants dans la MO en décomposition (Strom, 1985; Diaz, et *al.*, 2007). Selon Mustin (1987), les bactéries sont responsables de 80 à 90% de l'activité microbienne, dont 40% de MO solide sera biodégradée presque entièrement par activité bactérienne pendant les premiers 7 jours du compostage (Strom, 1985). D'après Eicker (1981), il est noté que la plage des températures entre 50 et 65 °C favorise les activités bactériennes et en particulier celles du genre *Bacillus*. Lorsque les températures dépassent 65 °C, l'espèce *B.stearothermophilus* domine presque comme dans une culture pure (Eicker, 1981).

**Tableau 1** : Exemples des bactéries impliquées dans le processus du compostage.

Groupe phylogénétique	Espèces	Intérêt écologique/ sanitaire	Référence
Gram-négatif	<i>E. coli</i> , <i>Salmonella sp.</i> ,	protéolytiques	Lott Fischer, (1998)
	<i>Nocardia sp.</i> , <i>Pseudomonas sp</i> <i>Streptomyces sp</i>	pathogènes	Miller, (1996)
	<i>Caulobacter spp.</i> , <i>Erythrobacter longus</i>	protéolytiques méthanotrophes	Michel et al., (2002)
	<i>Methylomonas methanica</i>		Murell et al., (1998)
	<i>Azotobacter chroococcum</i>	protéolytiques fixatrices d'azote (FA)	Bess, (1999)
	<i>Nitrospira briensis</i>	Protéolytiques dénitrifiantes	Murell et al., (1998) ; Kowalchuk et al., (1999)
	<i>Nitrosomonas europaea</i>		Murell et al., (1998)
	<i>Nitrosolobus multiformis</i>		Michel et al., (2002)
	<i>Microbispora bispora</i>	protéolytiques	Miller, (1996)
	<i>Actinomadura sp.</i>	thermophiles	Degli-Innocenti et al., (2002)
Gram-positif	<i>Bacillus</i> <i>stearothermophilus</i>	thermophiles formatrices d'endospores (FE)	Diaz et al., (2007)
	<i>Bacillus</i> <i>thermodenitrificans</i>	thermophilesFE dénitrifiantes	Blanc et al., (1997)
	<i>B. brevis</i> , <i>B. coagulans</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>B.</i> <i>licheniformis</i>		Miller, (1996)
	<i>Bacillus sp</i>	pathogènes potentiels	Lott Fischer, (1998)
	<i>Clostridium spp.</i>	anaérobies FE, Certains sont FA	de Bertoldi et al., (1983)
	<i>Klebsiella sp.</i>	FA	de Bertoldi et al., (1983)

### 1.3.2. Les actinomycètes

Le grand nombre des actinomycètes dans le compost arrive en deuxième position après les bactéries (Mustin, 1987 ; Kaiser, 1983). Ces derniers interviennent à la décomposition des substrats organiques relativement complexes (celluloses, hémicelluloses et lignine) dès que la température dépasse 45 °C (Yulipriyanto, 2001 ; Diaz et *al.*, 2007), dont les activités décomposatrices des champignons et des bactéries de la MO facilement dégradable fournissent des conditions d'humidité, d'aération optimisée et d'acidité (pH neutre ou légèrement alcalin) qui favorisent le développement de ceux-ci (de Bertoldi et *al.*, 1983; Diaz et *al.*, 2007). Il est important de noter que la plupart des actinomycètes sont des thermotolérants voire des thermophiles (50 à 65 °C) ce qui explique en complément avec les autres facteurs précédemment indiqués leur présence prépondérante dans les dernières étapes et leur rôle fondamental dans l'humification de la MO et dans la production des composés aromatiques (de Bertoldi et *al.*, 1983 ; Diaz et *al.*, 2007).

**Tableau 2 :** Quelques exemples sur les actinomycètes impliqués dans le processus du compostage

Espèces	Intérêt écologique/ sanitaire	Référence
<i>Saccharomonospora viridis</i>	pathogènes	Lott Fischer, (1998)
<i>Micropolyspora faeni</i> <i>Thermomonospora curvata</i> , <i>Pseudonocardia thermophila</i>	thermophiles	Miller, (1996)

### 1.3.3. Les champignons

Les champignons sont les premiers colonisateurs des composts (Kaiser, 1983). La disponibilité de la MO fraîche riche en substrats facilement dégradables aux premiers stades du compostage fait l'objet de compétition entre ces derniers et les bactéries : les acidophiles en particulier, mais les champignons seront très vite dominés) Griffin, 1985 ; Yulipriyanto, 2001). Ceci est due à leur exigence des conditions de températures mésophiles (5 à 37°C), d'humidité

baisse, et de bonne aération (Finstein et Morris, 1975 ; Diaz et *al.*, 2007). Ces caractéristiques qui s'ajoutent à leur tolérance des pH acides (ainsi que les difficultés invasives de leurs hyphes selon Bertoldi et *al.* (1983) explique leur présence à la périphérie du compost (Finstein et Morris, 1975). Les champignons restent les meilleurs décomposeurs des matériaux ligno-cellulosiques tout au long du processus, dont les thermophiles et les thermotolérants sont impliqués dans la phase thermophile alors que la diminution du potentiel hydrique et de température font un avantage pour les mésophiles pendant les phases ultérieures (Beffa et *al.*, 1995 , Yulipriyanto, 2001 ; Diaz et *al.*, 2007).

**Tableau 3 :** Quelques exemples des champignons impliqués dans le processus du compostage

Groupe phylogénétique	Espèces	Intérêt écologique/ sanitaire	Référence
Zygomycètes	<i>Mortierella turficola</i> , <i>Mucor miehei</i>	Décomposeurs zymogènes mésophiles	Miller, (1996)
	<i>Mucor pusillus</i> , <i>Rhizomucor pusillus</i>	Décomposeurs zymogènes thermophiles	Miller, (1996)
Ascomycètes	<i>Chaetomium elatum</i>	Décomposeur tellurique mésophile	Ivors et <i>al.</i> (2002)
	<i>Chaetomium thermophilum</i> , <i>Thermoascus aurantiacus</i>	Décomposeurs telluriques thermophiles	Miller, (1996)
Basidiomycètes	<i>Clitopilus insitus</i> , <i>Lentinus lepideus</i>	Cellulolytiques et ligninolytiques mésophiles	de Bertoldi et <i>al.</i> (1983)
	<i>Coprinus sp.</i> , <i>C. cinereus</i> <i>Lenzites sp.</i> , <i>L. trabea</i>	Coprophages	Miller, (1996), de Bertoldi et <i>al.</i> (1983)

## Chapitre 2 : Pouvoir antagoniste des composts

Les déchets organiques compostables contiennent énormément de microorganismes (bactéries, virus, champignons, et larves des parasites voire des parasites) soit phytopathogènes soit pathogènes pour l'homme et l'animal. Le compostage fait alors une méthode idéale pour neutraliser pas seulement la pathogénicité des déchets urbains biodégradables, mais aussi celle des sols colonisés surtout par les phytopathogènes. Ceci est garanti principalement grâce à l'hygiénisation produite par la haute température de la deuxième phase du compostage (Diaz, et *al.*, 2007) ou grâce à la production des composés et des substances qui vont altérer les propriétés physico-chimiques du milieu et/ou inhiber les pathogènes (Adhya et *al.*, 2017 ; Singh et *al.*, 2017).

### 2.1. Définition d'antagonisme

Il s'agit d'une interaction négative entre deux espèces, dont le cycle de vie de l'une est -soit directement ou indirectement -interrompu par l'autre, dite antagoniste, en produisant des substances inhibitrices. (Drapeau et Jankovic, 1977 ; Gouli et *al.*, 2016 ; Singh et *al.*, 2017).

### 2.2. Types d'antagonisme microbien

#### 2.2.1. Antagonisme direct

##### 2.2.1.1. Parasitisme et Hyper-parasitisme

On parle du parasitisme quand un organisme (le parasite) s'héberge à l'intérieur d'un autre organisme d'un groupement phylogénétique différent (l'hôte) et lui endommage à long terme. L'Hyper-parasitisme d'une autre part concerne les parasites des agents phytopathogènes (Adhya et *al.*, 2017 ; Singh et *al.*, 2017). La souche *Bionectria sp.* 6.21 a été rapporté en tant que parasite de *Rhizoctonia solani* et *Pythium aphanidermatum* (Melo et *al.*, 2014), alors que *Trichoderma harzianum* représente l'exemple idéal d'un hyperparasite d'une multitude des champignons pathogènes (Singh et *al.*, 2017) tel que *Epichloë typhina* (Węgrzyn et Górczyńska, 2019).

##### 2.2.1.2. Antagonisme par antibiose

Il s'effectue généralement grâce à l'élaboration des antibiotiques ou d'autres métabolites secondaires ayant la capacité d'affecter soit la physiologie, soit la croissance, ou bien le cycle biologique d'autres microorganismes qui colonisent le même environnement (de Souza et *al.*,

2003 ; Ahmad et al. 2008 ; Likens, 2009 ; Adhya et al., 2017). On peut classer les différents types de ce genre d'antagonisme selon la nature des substances utilisées pour affecter d'autres microorganismes (Singh et al., 2017).

**2.2.1.2.1. Antibiose par synthèse des antibiotiques :** tels que l'azalomycine de *Streptomyces sp.* HAAG3-15 contre *Fusarium. oxysporum f. sp. cucumerinum* (Cao, et al., 2020), la fengycine de *Bacillus subtilis* NCD-2 contre *Rhizoctonia solani* (Guo et al., 2014).

**2.2.1.2.2. Antibiose par synthèse des substances volatiles:** Il s'agit de production des gazes nocifs tels que le méthane, l'éthylène, l'HCN, les nitrites, les sulfures ou autres composés soufrés volatils, etc. (Adhya et al., 2017 ; Singh et al., 2017).

**2.2.1.2.3. Antibiose par synthèse des déchets métaboliques ou d'autres composés allélochimiques:** Tels que le dioxyde de carbone, l'ammoniac, le sulfure d'hydrogène (Shobha et Kumudini, 2012), sidérophores (chélateurs de fer) (Adhya et al., 2017), toxines, acides organiques, alcools, etc. (Singh et al., 2017).

#### **2.2.1.3. Antagonisme par élaboration des enzymes lytiques**

De nombreux microorganismes pourraient détruire d'autres microorganismes pathogènes grâce à la sécrétion des enzymes, telles que la glucanase, la protéase, la cellulase, la chitinase, etc., qui peuvent hydrolyser leurs parois ou autre couches protectrices de leurs surfaces (Dunne et al., 1997 ; Adhya et al., 2017 ; Singh et al., 2017).

#### **2.2.1.4. Antagonisme par détoxification des facteurs de virulence**

Il s'agit de production des protéines qui se lient avec les toxines des germes pathogènes d'une manière réversible ou irréversible en inhibant ou diminuant leur pathogénicité potentielle. *Burkholderia cepacia* et *Ralstonia solanacearum* sont capables, à titre d'exemple, de produire une protéine qui peut détoxifier l'albicidine de *Pantoea dispersa* d'une façon irréversible comme elle peut neutraliser d'autres toxines comme celles de *Klebsiella oxytoca* et d'*Alcaligenes denitrificans* d'une façon réversible (Adhya et al., 2017).

#### **2.2.1.5. Antagonisme composé**

L'antagoniste implique dans ce cas une multitude des mécanismes déjà cités afin de combattre les pathogènes (Singh et al., 2017).

### 2.2.2. Antagonisme indirect

On parle ici d'une relation de compétition entre les espèces sur les ressources nutritionnelles du microenvironnement où elles coexistent. La germination des conidies du phytopathogène *Botrytis cinerea* -à titre d'exemple- est inhibée par les différentes espèces de *Pseudomonas sp.* due à la compétition sur les acides aminés (Adhya et *al.*, 2017).

# **Partie Expérimentale**

## Chapitre 3 : Matériels et méthodes

Le but de ce travail est de tester l'effet inhibiteur de l'extrait du compost de fiente de pigeon et de papier élaboré (2019) au niveau du département SNV sur des moisissures phytopathogènes, et des bactéries pathogènes. Vu les conditions de confinement nous n'avons pas pu réaliser la lecture des boîtes cultivées des échantillons parasitées par moisissures, ni les repiquages des bactéries pathogènes (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, et *Salmonella spp.*) fournies par Dr Ghiti. H (SNV, Biskra), ainsi que le test de l'effet inhibiteur de l'extrait de notre compost sur ces microorganismes. Pour cela nous avons proposé des protocoles de travail ainsi analysé les résultats d'autres travaux réalisés auparavant (voir l'annexe A pour les références des études analysées dans ce travail).

### 3.1. Matériels

#### 3.1.1. Matériels utilisés

Le matériels, les appareils, les produits, et les réactifs soit utilisés soit nécessaires pour cette étude sont indiqués dans l'Annexe B.

#### 3.1.2. Matériels biologiques

##### 3.1.2.1. Fruits de tomate infectés

Trois fruits de tomate présentant des symptômes de nécrose d'origine fongique (figure 2) ont été collectés des plantes différentes cultivées dans les serres de l'Institut Technique du Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS) de Aïn Ben Naoui de Biskra – Algérie (voir Annexe C-1 pour la localisation géographique).



**Figure 2 :** Echantillons des tomates infectées utilisées pour l'isolement de phytopathogène fongique (photos personnelles)

### 3.1.2.2. Grains de pollen de palmier dattier infectés



**Figure 3 :** Echantillons des grains de pollen d'un palmier dattier mâle utilisées pour l'isolement de phytopathogène fongique (photo personnelle)

Les grains de pollen présentant des symptômes de pourriture d'origine fongique (figure 3) ont été prélevés d'un palmier dattier mâle cultivé dans la région de Ras El-karia au centre-ville de Biskra – Algérie (voir l'Annexe C-2 pour la localisation géographique).

### 3.1.2.3. Les isolats de *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici* phytopathogène

Les isolats de *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici* (FOL) utilisés dans les différents essais ont été obtenus à partir des cultivars de tomate présentant des symptômes de flétrissement et de pourriture du collet.

### 3.1.2.4. Les composts

Une multitude des composts de compositions divers (voir tableau 4) ont été utilisés dans cette étude comme suivant :

- Les composts Comp 1, Comp 2, Comp 3, Comp 4, Comp 5, Comp 6, Comp 7, Comp 8, et Comp 9 ont été utilisés pour les tests d'inhibition de phytopathogène choisis (FOL) par leurs extraits.
- Les composts Comp 10, Comp 11, Comp 12, Comp 13, Comp 14, Comp 15, Comp 16, et Comp 17 ont été utilisés pour le test de pouvoir hygiénique contre certaines bactéries pathogènes ;

**Tableau 4 :** Compositions des composts testés

Compost	Composition	Référence
Comp 1	• Fumier bovin	Hibar et <i>al.</i> , (2006)
Comp 2	• Fumier bovin • Fumier ovin	Hibar et <i>al.</i> , (2006)
Comp 3	• Fumier bovin • Fumier ovin • Fiente de volaille	Hibar et <i>al.</i> , (2006)
Comp 4	• Fumier bovin	Hibar et <i>al.</i> , (2006)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fumier ovin</li> <li>• Fiente de volaille</li> <li>• Paille broyée</li> </ul>	
Comp 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déchets verts</li> </ul>	Morales-Corts <i>et al.</i> , (2017)
Comp 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Résidus culturaux</li> <li>• Matières divers</li> </ul>	Gullino et Gilardi, (2019)
Comp 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fientes de volaille</li> </ul>	Gurama <i>et al.</i> , (2012)
Comp 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fumier bovin</li> </ul>	Gurama <i>et al.</i> , (2012)
Comp 9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feuilles de neem</li> </ul>	Gurama <i>et al.</i> , (2012)
Comp 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déchets de marché</li> <li>• Fumier bovin</li> <li>• Papiers</li> </ul>	Soobhany, (2017)
Comp 11	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déchets des abattoirs de volaille</li> <li>• Boues d'épuration</li> </ul>	Asses <i>et al.</i> , (2019)
Comp 12	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fumier bovin</li> </ul>	Macias-Corral <i>et al.</i> , (2019)
Comp 13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boues d'épuration</li> <li>• Sciure de bois</li> </ul>	Fatunla <i>et al.</i> , (2017)
Comp 14	Matières solides de fumier recyclé	Cole et Hogan, (2016)
Comp 15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déchets des fruits et des légumes</li> </ul>	Arslan Topal <i>et al.</i> , (2016)
Comp 16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paille usée</li> </ul>	Abbasi <i>et al.</i> , (2017)

Comp 17	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déchets verts</li> <li>• Feuilles d'arbre d'eucalyptus</li> </ul>	Abbasi et <i>al.</i> , (2017)
---------	--	-------------------------------

### 3.1.2.5. Les Agents de Bio Contrôle

Un agent de bio contrôle (ABC) représente, par définition, un organisme utilisé par intervention humaine pour lutter contre les pathologies végétales. Il s'agit des macroorganismes comme il s'agit des microorganismes tel que les bactéries et les moisissures (Adhya et *al.*, 2017 ; Singh et *al.*, 2017) . Les isolats des ABC ont été choisis en se basant sur les travaux expérimentaux faits auparavant.

#### 3.1.2.5.1. Les bactéries

Le tableau suivant présente la liste des bactéries antagonistes isolées à partir des composts et utilisées dans les différents tests d'inhibition de FOL.

**Tableau 5 :** Liste des bactéries antagonistes utilisées pour le bio contrôle de FOL

Souche	Abréviationn	Référence
<i>Pseudomonas fluorescens</i> PF15	PF15	Boukerma et <i>al.</i> , (2017)
<i>Pseudomonas putida</i> S7	PPS7	Kouki et <i>al.</i> , (2012)
<i>Bacillus sp.</i>	B1	Kouki et <i>al.</i> ,(2012)
<i>Bacillus sp.</i>	B2	Kouki et <i>al.</i> , (2012)
<i>Bacillus subtilis</i>	BS	Gullino et Gilardi, (2019)

### 3.1.2.5.2. Les moisissures

Les isolats des moisissures issues à partir de certains composts et utilisées pour les tests d'effet inhibiteur de la croissance mycélienne de FOL sont énumérées et référencées dans le tableau 6.

**Tableau 6 :** Liste de moisissures antagonistes utilisées pour le bio contrôle de FOL

Souche	Abréviation	Référence
<i>Penicillium sp.</i>	P	Alwathnani et Perveen, (2011)
<i>Penicillium oxalicum</i>	PO	Adedeji et al., (2016)
<i>Trichoderma harzianum</i>	TH1	Alwathnani et Perveen, (2011)
<i>Trichoderma harzianum</i>	TH2	Vargas-Inciarte, (2018)

## 3.2. Méthodes

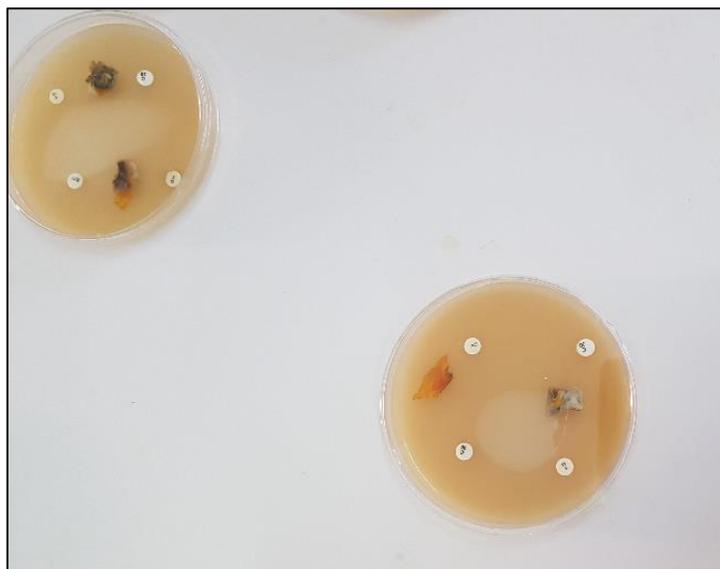
### 3.2.1. Isolement des phytopathogènes

#### 3.2.1.1. Isolement de phytopathogène à partir des fruits de tomate infectée

- On a coupé les fruits infectées en petits fragments ;
- On a ensuite rincé les fragments obtenus avec l'eau distillée ;
- Les petits fragments ont été ensuite mises dans l'hypochlorite de sodium (eau de Javel) à 5% pendant 3 minutes afin d'éliminer les saprophytes ;
- On a rincé ces derniers avec l'eau distillée stérile afin d'éliminer les traces de l'eau de Javel ;
- Les fragments ont été ensuite trempés dans l'alcool éthylique à 90% pendant 3 minutes pour la fixation des microorganismes ;
- On a disposé deux disques de la streptomycine ainsi que les disques du chloramphénicol au centre de la surface de la gélose Potato-Dextrose-Agar PDA coulée et solidifiée dans la

boite de Pétri afin d'éliminer les contaminants (voir l'annexe D pour la composition du milieu PDA) ;

- On a ensuite disposé 2 à 3 fragments par boite de Pétri (Figure 4) ;
- Le nombre des répétitions a été de 5 boites pour chaque fruit infecté ;
- Les cultures ont été finalement incubées à 28 °C pendant une semaine (Si Mohammed, 2010).



**Figure 4 :** Culture des phytopathogènes parasites de tomates sur gélose PDA additionnée de la Streptomycine et le Chloramphénicol (photo personnel)

### 3.2.1.2. Isolement de phytopathogène à partir des grains de pollen de palmier dattier infectés

Le même protocole a été appliqué dont les grains pollens de palmier dattier infectés ont été directement rincés pour poursuivre les procédures suivantes en disposant 5 grains de pollen par boite de Pétri (figure 5). Le nombre des répétitions a été encore de 5 boites de Pétri par essai.



**Figure 5 :** Culture des phytopathogènes parasites des grains de pollen de palmier dattier sur gélose PDA additionnée de la Streptomycine et le Chloramphénicol (photo personnel)

### 3.2.2. L'identification des phytopathogènes isolés

Ceci se fait par un examen macroscopique. On observe les colonies qui s'apparaissent à la surface du PDA à l'œil nu (Botton, 1990 ; Leslie et Summerel, 2006), ainsi qu'une observation microscopique en consultant la littérature (Gams et *al.*, 1998) afin de déterminer l'espèce responsable de la nécrose des tomates ainsi celle incriminée de la pourriture du pollen de palmier dattier.

### 3.2.3. Extraction de jus de compost

L'extraction a été réalisée selon la méthode aérobie développée par Weltzien (1992) et qui consiste à préparer des jus de compost volume/volume (1:1) à partir de l'eau de distribution courante et les différents composts comme suivant :

- Le mélange compost et eau a été réalisé dans des containers de 20 litres afin de faciliter l'agitation journalière du mélange afin d'optimiser l'aération de la solution ;
- Chacun des mélanges a été agité pendant 5 à 10 min ;
- Les mélanges ont été incubés à une température comprise entre 20 et 22 °C pendant 7 jours;
- L'extraction des jus des différents composts a été réalisée au 7<sup>ème</sup> jour en filtrant les différentes solutions à travers un tamis (Znaïdi, 2002).

### 3.2.4. Test de pouvoir antagoniste des extraits des composts contre les souches de FOL

Le test d'effet des extraits de compost sur la croissance mycélienne de FOL a été réalisé comme suivant (Hmouni et *al.*, 1996 ; Hibar et *al.*, 2005):

- On a réalisé deux puits de 6 mm de diamètre dans le milieu PDA (à l'aide d'un emporte-pièce ;
- Les deux puits ont été diamétralement opposés et équidistants de 3 cm du centre de la boîte ;
- À l'aide d'un emporte-pièce encore, on a découpé une pastille gélosée de 6 mm de diamètre portant le phytopathogène FOL à partir d'une culture pure;
- On a déposé la pastille portant le phytopathogène dans un puits alors que 100 µl d'extrait de compost a été déposé dans l'autre
- L'extrait du compost a été remplacé par de l'eau distillée stérile dans les boîtes témoins;
- Afin de distinguer séparément l'effet bénéfique des bactéries de celui des champignons antagonistes contenus dans l'extrait de compost, on a utilisé 2 types de la gélose PDA dont l'un contenait du sulfate de streptomycine (250 mg/L) pour inhiber les bactéries, alors que l'autre est dépourvu de cet antibiotique;
- Le nombre de répétitions est de 5 boîtes par essai ;
- Les boîtes ont été incubées à 25 °C pendant 6 jours ;
- La mesure des diamètres des colonies de phytopathogène et par conséquent la calcul des moyennes des diamètres ont été réalisés lorsque les filaments mycéliens ont atteint la périphérie de la boîte dans les lots témoins ;
- L'évaluation de l'inhibition exercée par l'extrait de compost a été estimée par le calcul du pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne selon la formule suivante :

$$I (\%) = (1 - C_n / C_0) \times 100 \dots\dots\dots \text{Formule 1}$$

Où :

$C_n$  = diamètre moyen des colonies d'extrait de compost

$C_0$  = diamètre moyen des colonies témoins

### 3.2.5. Test de pouvoir antagoniste des ABC isolés à partir des composts contre FOL

Des adaptations de la technique précédemment décrite ont été appliquées afin de tester l'effet des isolats des ABC sur la croissance mycélienne de FOL en substituant les extraits des composts par des suspensions de ces microorganismes (Alwathnani et Perveen, 2012 ; Benchabane et al., 2000).

### 3.2.6. Test de l'effet de compostage sur le nombre de certaines entérobactéries

Les tests de l'effet inhibiteur (plutôt hygiénique) de l'extrait de compost sur les bactéries d'intérêt sanitaire (coliformes totaux, coliformes fécaux, *E. coli*, et *Salmonella spp.*) se reposent principalement sur l'application des techniques de dénombrement standards avant et après le compostage (voir les annexes G-1, G-2, et G-3 pour les protocoles). L'estimation du nombre le plus probable (NPP) voire le nombre des UFC (unités formatrices des colonies) de ces bactéries se suit ensuite par les calculs des taux de réduction de ces dernières selon la formule suivante (Fatunla et al., 2017 ; Soobhany, 2017 ; Macias-Corral et al., 2019) :

$I (\%) = 100 \times [(N_0 - N) / N_0] \dots\dots\dots \text{Formule 2}$
--

Où :

$N_0$  = le nombre des UFC avant le compostage

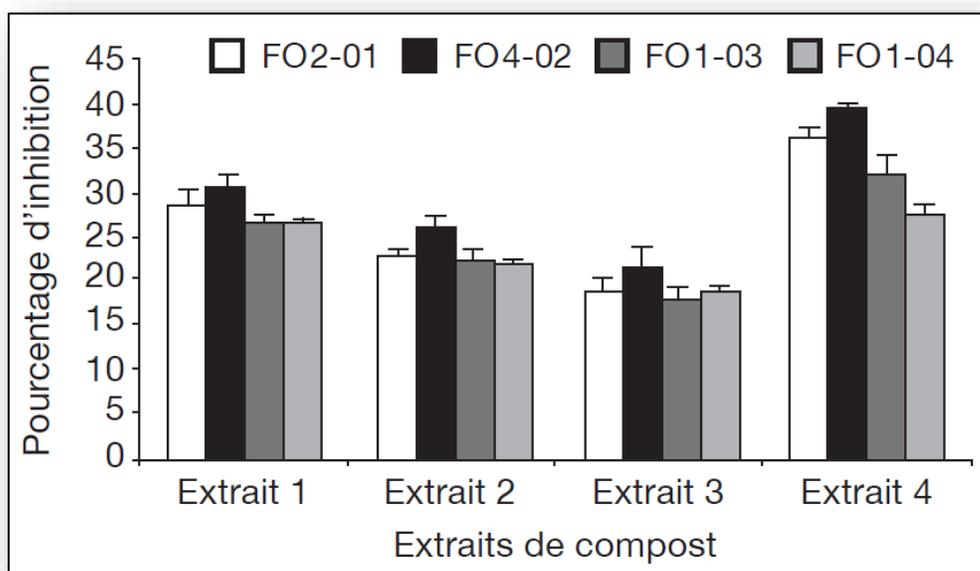
$N$  = le nombre des UFC après le compostage

NB : Il est important d'indiquer que ces tests ont été réalisés due à l'utilisation de la matière fécale qui se renferme par ces bactéries pour l'élaboration du compost hygiénique.

## Chapitre 4 : Résultats et discussions

### 4.1. Effet des extraits des composts sur la croissance mycélienne de FOL

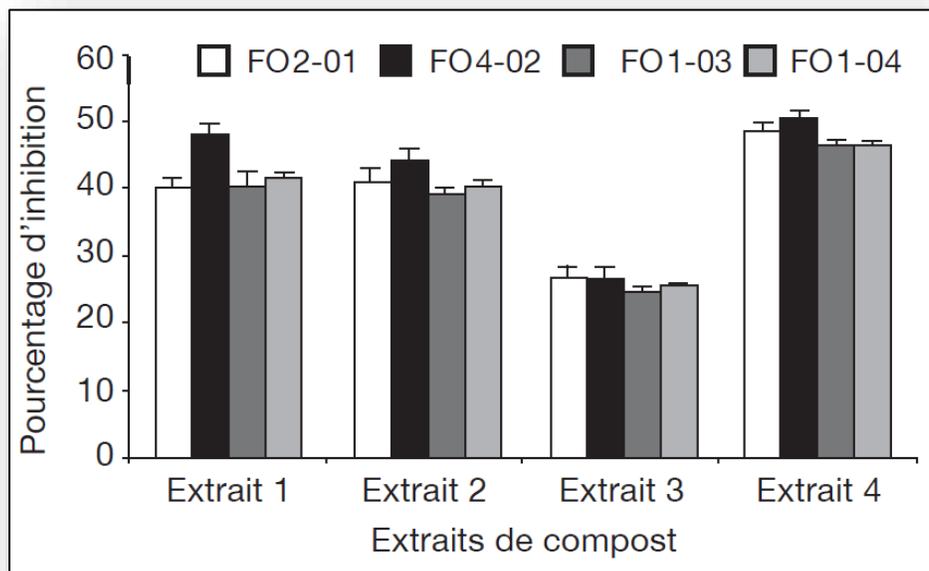
Les figures 6 et 7 représentent les résultats des tests de 4 composts sur 4 souches de FOL (FO2-01, FO4-02, FO1-03, et FO1-04) en présence ou en absence du sulfate de la streptomycine qui sert à l'inhibition des bactéries contenues dans ces extraits, alors que la figure 8 représente l'effet inhibiteur des extraits de 5 autres composts de compositions différentes (voir tableau 4) sur la croissance mycélienne de FOL.



**Figure 6** : Inhibition de la croissance mycélienne des souches de FOL sous l'effet des composts après 6 jours d'incubation à 25 °C sur milieu PDA sans sulfate de streptomycine (Hibar *et al.*, 2006).

D'après la figure 6, on remarque l'effet inhibiteur des différents composts sur les différentes souches de FOL, dont le compost 4 représente le plus grand effet inhibiteur notamment sur les souches FO4-02 (40%) et FO2-01 (35%), alors que les autres composts présentent  $\leq 30\%$  d'effet inhibiteur pour toutes les souches de FOL. Le pouvoir antagoniste de ce compost peut être attribué à la diversité de sa composition (fumier bovin, fumier ovin, fiente de volaille, et pailles broyée) ce

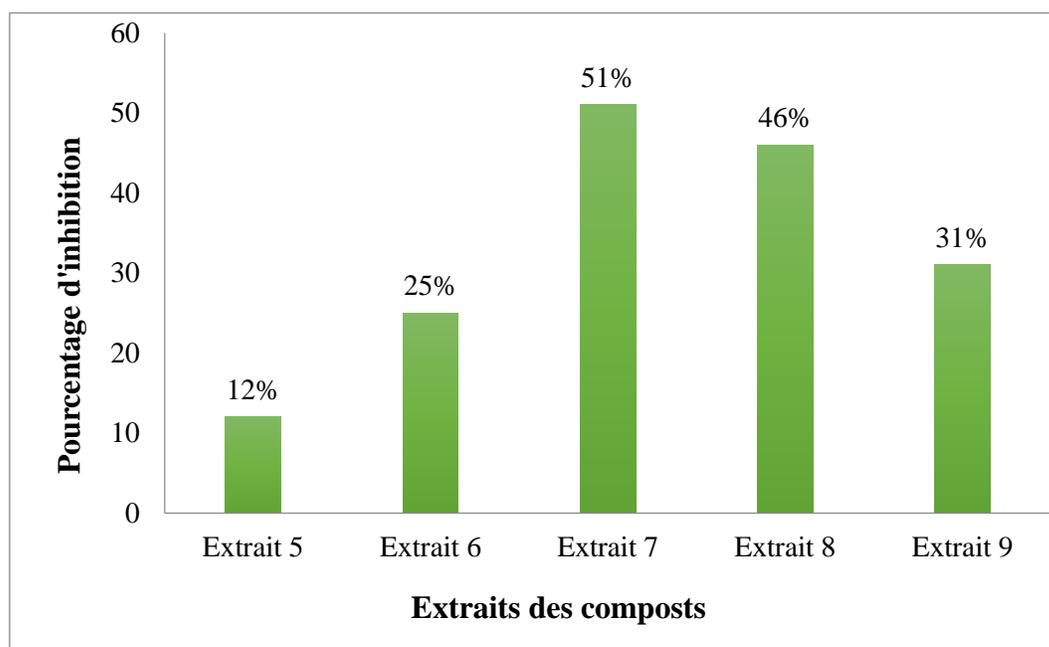
qui peut favoriser la croissance des microorganismes antagonistes et par conséquent leurs effet inhibiteur sur FOL. Des espèces comme *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Penicillium sp.* et *Trichoderma sp.*, à titre d'exemple, sont prouvés antagonistes de FOL dans la littérature (Alwathnani et Perveen, 2011 ; Kouki et *al.*, 2012 ; Adedeji et *al.*, 2016 ; Adhya et *al.*, 2017 ; Singh et *al.*, 2017; Boukerma et *al.*, 2017, Vargas-Inciarte ; 2018).



**Figure 7 :** Inhibition de la croissance mycélienne des souches de FOL sous l'effet des extraits des composts après six jours d'incubation à 25 °C sur milieu PDA additionnée de sulfate de streptomycine ( Hibar et *al.*, 2006)

La représentation graphique dans la figure 7 présente en revanche une amélioration de l'effet inhibiteur de chacun des composts sur les différentes souches de FOL en présence du sulfate de la streptomycine à l'exception du Comp 3 (25%). Le Comp 4 reste le meilleur inhibiteur (50,5% contre FO4-02 et 49% FO2-01), le Comp 1 - constitué à 100% de fumier bovin - a exercé un taux d'inhibition de  $\geq 48\%$  vis-à-vis le FO2-01, alors que le Comp 2 a présenté un effet inhibiteur de  $\geq 39\%$ . D'après Hibar et *al.*, (2006), cette amélioration de pouvoir antagoniste des 3 composts peut

s'expliquer par la croissance et l'augmentation des activités inhibitrices des moisissures contre FOL en absence des bactéries qui entrent en compétition sur les ressources nutritionnelles du milieu. Due à sa composition similaire de celle de Comp 4 et Comp 2, la stabilité inhibitrice de Comp 3 reste inexpliquée, alors que les souches FO4-02 et FO2-01 qui ont été demeuré respectivement les plus sensibles, nécessitent d'autres essais expérimentales pour plus d'explications.



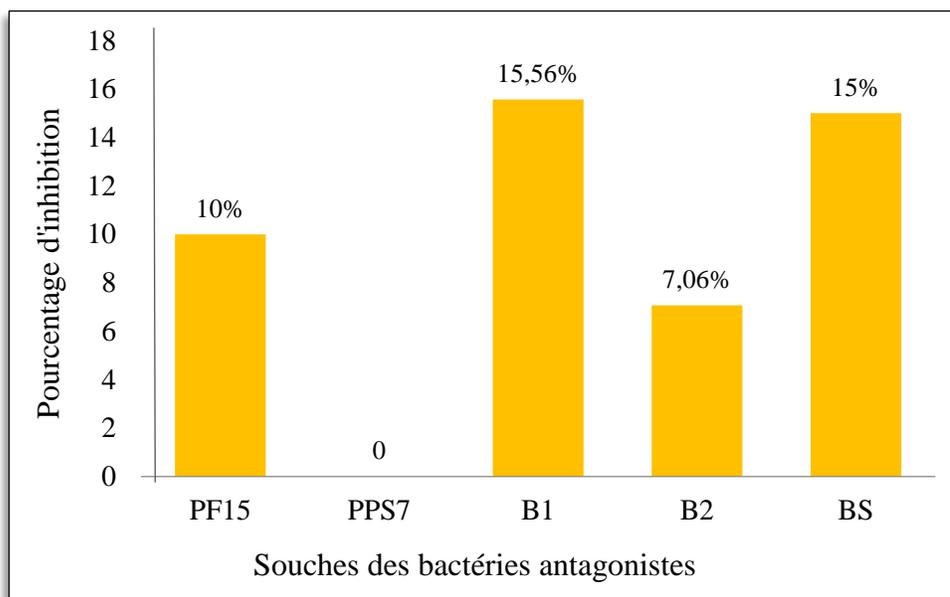
**Figure 8 :** Inhibition de la croissance mycélienne de FOL sous l'effet des extraits des composts après  $6 \pm 1$  jours d'incubation (Alwathnani et Perveen, 2011 ; Adedeji et *al.*, 2016 ; Vargas-Inciarte, 2018)

On peut remarquer d'après la figure 8, par ailleurs, que les composts basés sur la matière fécale d'origine animale Comp 7 (fiente de volaille) et Comp 8 (fumier bovin) ont exercé les meilleures suppressions contre FOL (51 % et 46 % respectivement), alors que les autres composts qui sont généralement basés sur les déchets verts ont présenté des effets inhibiteurs moindre (voir tableau 4). Ceci peut être expliqué par la moindre biodégradabilité des composés ligno-

cellulosiques par les microorganismes antagonistes ce qui entraîne une déplétion en source d'énergie labile nécessaire à la croissance rapide.

## 4.2. Effet des ABC sur la croissance mycélienne de FOL

### 4.2.1. Bactéries antagonistes



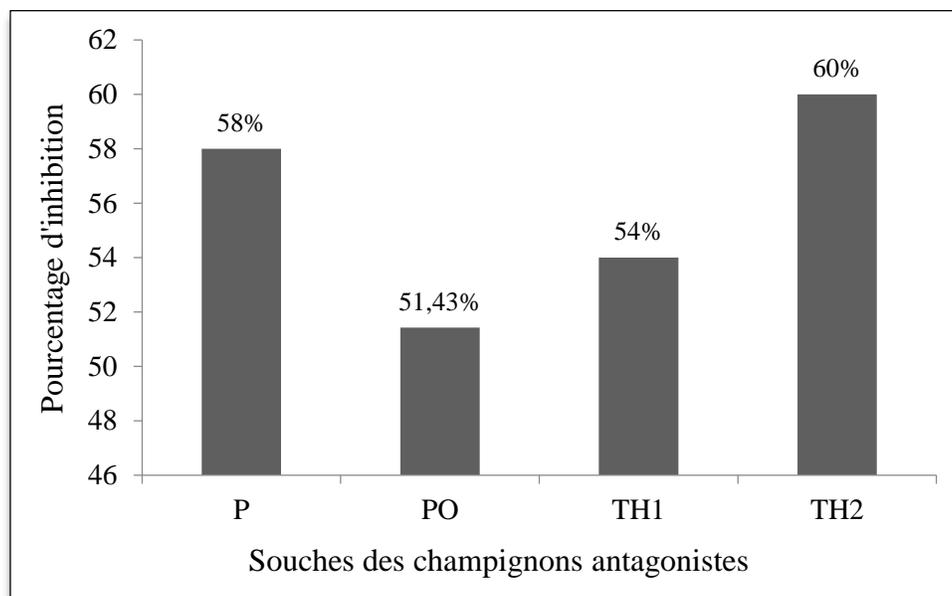
**Figure 9 :** Inhibition de la croissance mycélienne de FOL sous l'effet des bactéries antagonistes après  $6 \pm 1$  jours d'incubation (Kouki et al., 2012 ; Boukerma et al., 2017 ; Gullino et Gilardi, 2019)

B1: *Bacillus sp.1* - B2 : *Bacillus sp. 2* - BS : *Bacillus subtilis* - PF15 : *Pseudomonas fluorescens* PF 15 - PPS7 : *Pseudomonas putida* S7

La figure 9 présente les pourcentages des effets inhibiteurs des différentes bactéries qui ont été préalablement testés autant que des agents de bio contrôle contre FOL selon Adhya et al. (2017) et Singh et al. (2017). La souche *Pseudomonas putida* S7 (PPS7) a l'effet antagoniste le plus fort (66.33%) alors que la souche *Pseudomonas fluorescens* PF 15 (PF15) a présenté un effet inhibiteur moindre (10%) (Boukerma et al., 2017), ces deux espèces ont été précédemment testées autant que des ABC des fusarioses des tomates causées par FOL grâce à leur production de 2,4-diacetylphloroglucinole et les sidérophores (Benchabane et al., 2000; Boukerma 2012). L'espèce *P. putida* est connue encore par son antibiose exercée par la production du gaz

nocif HCN (Ahmed et *al.*, 2008) ce qui peut expliquer son pouvoir antagoniste plus fort. Le pouvoir suppressif des *Bacillus* (B1, B2, et BS) varie entre 7.06% et 15.56 %. Ces espèces sp. de *Bacillus* sont connus par leurs production des différents antibiotiques tels que kanosamine, oligomycine A, xanthobaccine et zwittermicine A (Adhya et *al.*, 2017).

#### 4.2.2. Moisissures antagonistes



**Figure 10 :** Inhibition de la croissance mycélienne de FOL sous l'effet des moisissures antagonistes après  $5 \pm 2$  jours d'incubation (Alwathnani et Perveen, 2011 ; Adedeji et *al.*, 2016 ; Vargas-Inciarte, 2018)

- P : *Penicillium sp.* - PO : *Penicillium oxalicum* - TH1 : *Trichoderma harzianum 1*  
 - TH2 : *Trichoderma harzianum 2*

La figure 10 représente que les souches fongiques *Penicillium sp* (P), *Penicillium oxalicum* (PO), *Trichoderma harzianum* (TH1) et *Trichoderma harzianum2* (TH2) testées vis-à-vis le phytopathogène FOL, ont exercé une inhibition plus au moins considérables (entre 51% et 60%) que celle des bactéries, dont la souche *Trichoderma harzianum 2* (TH2) a été la plus antagoniste (60%). Ceci est peut être attribué à sa haute compétition pour les ressources nutritionnels, ou par la production des antibiotiques (Morales-Corts et *al.*, 2016 ; Naidu et *al.* 2010).

### 4.3. Effet du compostage sur le nombre des entérobactéries

#### 4.3.1. Coliformes totaux

Le tableau 7 représente les résultats des analyses statistiques de l'évolution des nombres des coliformes totaux après le compostage des composts, qui se composent principalement soit des déchets végétales (Comp 15) soit de matière fécale (Comp 10, Comp 1, Comp 14) (voir tableau 3 pour les compositions et les références). On note que le taux d'inhibition des coliformes totaux dans les composts cités dépasse 90% avec une valeur maximale mesurée au niveau du Comp 15 (99,9%), alors qu'au niveau du compost 14 on constate le pourcentage d'inhibition de la valeur négative -52.42 % ce qui se traduit par la favorisation de ce compost de la croissance des coliformes totaux. Cette élimination presque totale des coliformes totaux a été liée, selon des études précédentes (Minoo et *al.*, 2009 ; Aira, 2011), à la température qui s'accroît et dépasse 55 °C dans la deuxième phase de compostage dite thermophile (60 à 70 °C (de Bertoldi et *al.*, 1983). La favorisation de la prolifération de ces germes au niveau du Comp 14 (constitué à 100% des matières solides de fumier recyclé) par ailleurs a été attribuée, selon Carrol et Jasper (1978) et Cole et Hogan (2016), à la méthode du compostage qui se repose sur la décomposition de la MO à l'air libre, ce qui permet d'humidifier les matières fécales solides et fournir la température optimale pour leur croissance.

**Tableau 7 :** Effet du compostage sur le nombre des coliformes totaux

Compost	Taux d'inhibition	Référence
Comp 10	99.97%	Soobhany, (2018)
Comp 11	92.27%	Asses et <i>al.</i> , (2019)
Comp 14	-52.42%	Cole et Hogan, (2016)
Comp 15	99.9%	Arslan Topal et <i>al.</i> , (2016)

NB : les valeurs négatives indiquent la favorisation de multiplication des coliformes.

### 4.1.2. Coliformes fécaux

Le tableau suivant présente des résultats similaires pour les coliformes fécaux (dits thermotolérants actives à  $\geq 44$  °C), dont l'élimination est presque totale ( $> 98\%$ ) au niveau des composts testés. Cela peut s'expliquer aussi par l'augmentation de la température durant la phase thermophile du compostage. Faunla et *al.*, (2017) ont trouvé que le traitement thermique du compost a servi à l'élimination totale précoce des salmonelles ainsi que la réduction des coliformes fécaux. Cette réduction critique peut être expliquée aussi par l'épuisement des nutriments ou la variation de pH et autres paramètres physico-chimiques.

**Tableau 8** : Effet du compostage sur le nombre des coliformes fécaux

Compost	Taux d'inhibition	Référence
Comp 11	99.98 %	Asses et <i>al.</i> , (2019)
Comp 12	99 %	Macias et Corralet <i>al.</i> , (2019)
Comp 13	98.42 %	Fatunla et <i>al.</i> , (2017)
Comp 15	99.9 – 100 %	Arslan Topal et <i>al.</i> , (2016)
Comp 16	99.98 %	Abbasi et <i>al.</i> , (2019)
Comp 17	99.91 %	Abbasi et <i>al.</i> , (2019)

### 4.3.2. *E. coli*

On constate selon le tableau ci-dessous que le taux d'inhibition d'*E.coli*, qui représente l'indice le plus important de la contamination fécale (Le Minor, 1984 ; Aira et *al.*, 2011), est presque totale au niveau des composts Comp 10 (matières divers) et Comp 11 (déchets des abattoirs de volaille), ce qui peut être liée à la haute température de la phase thermophile, dite la phase de Pasteurisation (Lieu et *al.*, 2017). Il est important de noter que les traces voire les nombres significative d'*E. coli* qui ont été détectés dans d'autres études (Minoo et *al.*, 2009 ; Aira, 2011) peut s'attribuer à l'insuffisance d'auto-échauffement du compost pour atteindre la phase thermophile pour inactiver ces germes due au retournement des matériaux en décomposition ;

notamment dans le cas de compostage à l'air libre. Le compostage à courte durée peut encore échouer à l'élimination de ces microorganismes (Abbasi et *al.*, 2017).

**Tableau 9** : Effet du compostage sur le nombre d'*E.coli*

Compost	Taux d'inhibition	Référence
Comp 10	99.99 %	Soobhany, (2018)
Comp 11	99.67 %	Asses et <i>al.</i> , (2019)

#### 4.3.3. *Salmonella spp.*

Les salmonelles, qui prennent une grande importance d'intérêt sanitaire, ont été totalement éliminés au niveau des composts Comp 11, Comp 16, et Comp 17 (tableau 10) et presque totalement éliminés au niveau de Comp 10 (99,99%), alors qu'il peut y avoir un nombre plus au moins significatif de *Salmonella spp.* au niveau du Comp 12 (constitué totalement de la paille usée). La diversité de la composition de chacun des composts (voir tableau 4) permettre de lier cette pasteurisation à la phase thermophile comme c'est le cas dans des travaux précédents tel que ceux de Czekala et, *al.*, (2017), et on a pas d'hypothèse pour expliquer la probabilité de la survie de *Salmonella spp* au niveau du Comp 12. D'après Macias et Corral, et *al.*, (2019), on a trouvé que les valeurs élevée du rapport Carbone/Azote (les éléments nécessaires pour la croissance microbienne) ont eu une inhibition max pour les salmonelles.

**Tableau 10** : Effet du compostage sur le nombre de *Salmonella spp.*

<b>Compost</b>	<b>Taux d'inhibition (%)</b>	<b>Référence</b>
Comp 10	99.99 %	Soobhany, (2018)
Comp 11	%100	Asses et <i>al.</i> , (2019)
Comp 12	> 94%	Macias et <i>al.</i> , (2019)
Comp 16	100%	Abbasi et <i>al.</i> , (2019)
Comp 17	100 %	Abbasi et <i>al.</i> , (2019)

## Conclusion

L'objectif de ce travail est de tester l'efficacité de l'extrait d'un compost de fiente (qui a été élaboré en 2019 au niveau de notre département) vis-à-vis certaines espèces végétales phytopathogènes collectées de la wilaya de Biskra, ainsi que le degré de son pouvoir antagoniste. Puisque notre compost se compose principalement des fientes de pigeon, nous avons choisi d'étudier son effet inhibiteur (ou plutôt hygiénique) contre *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, et *staphylococcus aureus* qui représentent des pathogènes pour l'homme et l'animal. Cette initiative sert à son parcours le but de fournir une alternative biologique de la lutte chimique contre les phytopathogènes ainsi que les pathogènes.

Nous avons déjà commencé les travaux par l'encensement de la gélose PDA additionnée de la streptomycine et le chloramphénicol par des fragments des tomates infectées par certains phytopathogènes d'origine fongique et aussi par des grains de pollen de palmier dattier infectés afin de les isoler, les identifier, les purifier, et enfin tester le pouvoir antagoniste de notre compost contre lesquels. Malheureusement et due aux conditions de confinement on n'a pas pu terminer le travail. Ainsi nous avons basé notre étude sur l'analyse comparative des travaux précédents sur *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici* FOL (phytopathogène responsable de flétrissement et pourriture du collet de tomate) afin de tester le pouvoir antagoniste des différents extraits des composts de compositions différentes, ainsi que l'effet inhibiteur de certaines bactéries et certaines moisissures antagonistes (Agents de bio contrôle) sur la croissance mycélienne de ce phytopathogène.

D'après les résultats collectés à partir des différentes études, nous remarquons que le pouvoir antagoniste des extraits des composts issus de la matière fécale d'origine animale s'améliore en présence d'antibiotiques. Alors que les extraits des composts issus -principalement ou totalement- de la matière végétale présentent un effet inhibiteur moindre que celui des composts issus -majoritairement ou totalement- de la matière fécale d'origine animale.

En ce qui concerne le pouvoir hygiénique du compost contre les entérobactéries, nous concluons que l'élévation de la température au cours de la phase thermophile est le facteur majeur responsable de la réduction critique (voire l'élimination totale) des coliformes, d'*E. coli*, et des salmonelles.

Les résultats des tests de l'effet inhibiteur de certains agents de bio contrôle ont confirmé que les moisissures sont plus suppressives de FOL que les bactéries, ce qui est lié soit à leur antagonisme compétitif ou plus probablement à leur antibiose qui se repose sur la production des antibiotiques ou autres substances inhibitrices.

Le but de notre projet expérimental n'a pas été atteint due aux conditions du confinement sanitaire, mais cette occasion exceptionnelle de faire un review comparatif a ouvert la porte d'une multitude des perspectives qui peuvent suggérer ce travail comme un guide technique.

Ainsi nous recommandons de :

- Déterminer et fixer les proportions des déchets pour le compostage ;
- Respecter le temps nécessaire pour atteindre la phase thermophile (phase de pasteurisation) ;
- réaliser des études *in vivo* de l'effet antagoniste du compost sur les plantes d'intérêt en les traitant avec les différentes concentrations de l'extrait du compost afin de servir l'objectif de la lutte biologique ; notamment celle-ci contre les fusarioses.

## Bibliographie

1. **Abbasi F.**, Mokhtari M. et Jalili, M. The impact of agricultural and green waste treatments on compost quality of dewatered sludge. 2019. *Environmental Science and Pollution Research*, 26: 35757–35766.
2. **Adhya T.**, Mishra B., Annapurna K., Verma D., et Kumar U. 2017. *Advances in Soil Microbiology: Recent Trends and Future Prospects*. Springer, Singapour, Singapour. 238 p.
3. **Ahmad F.**, Ahmad I., et Khan M. 2008. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiology Research*, 163(2): 173-181.
4. **Aira M.**, Gomez-Brandon M., Gonzalez-Porto, P., Dominguez, J., 2011. Selective reduction of the pathogenic load of cow manure in an industrial-scale continuous-feeding vermireactor. *Bioresources Technology*, 102: 9633–9637.
5. **Alwathnani H.** et Perveen k. 2012. Biological control of *fusarium* wilt of tomato by antagonist fungi and cyanobacteria. *African Journal of Biotechnology*, 11(5): 1100-1105.
6. **Arslan Topal Topal E. I.**, Ünlü A. et Topal M. 2016. Effect of aeration rate on elimination of coliforms during composting of vegetable–fruit wastes. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 5: 243–249.
7. **Asses N.**, Farhat W., Hamdi M., Bouallagui H. 2019. Large scale composting of poultry slaughterhouse processing waste: Microbial removal and agricultural biofertilizer application, *Process Safety and Environmental Protection*, 124: 128-136.
8. **Batton B.** 1990. *Moisissures utiles et nuisibles*. Masson, Paris, France. 512 p.
9. **Beffa T.**, Blanc M., Lott Fischer J., Lyon P. F., Marilley L., et Aragno M. 1995. Composting: a microbiological process. *Recovery, Recycling & Reintegration*, 4: 139-144.

10. **Benchabane M.**, Bakour R., Toua D., Boutekrabt A. 2000. Mise en évidence de l'effet antagoniste de *Pseudomonas fluorescens* vis-à-vis de la fusariose vasculaire de la tomate. EPPO Bulletin, 30: 243–246.
11. **Bess V.** 1999. Evaluating microbiology of compost. Biocycle, 40(5): 62–64.
12. **Blanc M.**, Marilley L., Beffa T., et Aragno M. 1997. Rapid identification of heterotrophic, thermophilic, spore-forming bacteria isolated from hot composts. International Journal of Systematic Bacteriology, 47: 1246–1248.
13. **Boukerma L.**, Benchabane M., Charif A., Khélif L. 2017. Activity of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) in the biocontrol of tomato *Fusarium* wilt. Plant Protection Science, 53: 78-84.
14. **Cao P.**, Li C., Wang H., Yu Z., Xu X., Wang X., et Xiang W. 2020. Community Structures and Antifungal Activity of Root-Associated Endophytic Actinobacteria in Healthy and Diseased Cucumber Plants and *Streptomyces sp.* HAAG3-15 as a Promising Biocontrol Agent. Microorganisms, 8(2): 236 p.
15. **Carroll E. J.** et **Jasper D. E.** 1978. Distribution of Enterobacteriaceae in recycled manure bedding on California dairies. Journal of Dairy Science, 61: 1498–1508.
16. **Cole K. J.** et **Hogan J. S.** 2016. Short communication: Environmental mastitis pathogen counts in freestalls bedded with composted and fresh recycled manure solids. Journal of Dairy Science, 99(2): 1501-1505.
17. **Czekala W.**, Dach J., Dong R., Janczak D., Malin´ska K., Jo´z´wiakowski K, Smurzyn´ska A., Cies´lik M. 2017. Composting potential of the solid fraction of digested pulp produced by a biogas plant. Biosystem Engineering, 160: 25–29.
18. **Das K.**, et **Keener H. M.** 1997. Moisture effect on compaction and permeability in composts. Journal of environmental engineering, 3(123): 275-281.
19. **de Bertoldi M.**, Vallini G., et Pera A. 1983. The biology of composting: a review. Waste Management & Research, 1: 157–176.
20. **de Souza J. T.**, Arnould C., Deulvot C., Lemanceau P., Gianinazzi-Pearson V., et Raaijmakers J. M. 2003. Effect of 2, 4-diacetylphloroglucinol on *Pythium*: cellular

- responses and variation in sensitivity among propagules and species. *Phytopathology*, 93(8): 966–975.
- 21. Degli-Innocenti, F.**, Gogolino, G., Bellia, G., Tosin, M., Monciardini, P., et Cavaletti, L. 2002. Isolation and characterization of thermophilic microorganisms able to grow on cellulose acetate. *Microbiology of Composting*, 273–286 pp.
- 22. Diaz L. F.**, De Bertoldi M., Bidlingmaier W., et Stentiford E. 2007. *Compost science and technology*. Elsevier, Oxford, Royaume-Uni. 364 p.
- 23. Drapeau A. J.** et **Jankovic S.** 1977. *Manuel de microbiologie de l'environnement*. Organisation mondiale de la Santé. Genève, Suisse. p. 3.
- 24. Dunne C.**, Crowley J. J., Moënné-Loccoz Y., Dowling D. N., et O'Gara F. 1997. Biological control of *Pythium ultimum* by *Stenotrophomonas maltophilia* W81 is mediated by an extracellular proteolytic activity. *Microbiology*, 143(12): 3921–3931.
- 25. Eicker A.** 1981. The occurrence and nature of sulphur crystals in phase I mushroom compost. *Mushroom Science*, 11 : 27–34.
- 26. Fatunla O.**, Inam E., Essien J., Dan E., Odon A., Kang S., et Semple K. 2017. Influence of composting and thermal processing on the survival of microbial pathogens and nutritional status of Nigeria sewage sludge. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 6: 1-10.
- 27. Faverial J.** 2016. *Compostage et vermicompostage des effluents d'élevage : Une alternative durable pour le recyclage des déchets d'origine animale*. Thèse de doctorat, L'Université des Antilles, France, 163 p.
- 28. Finstein M. S.** et **Morris M. L.** 1975. Microbiology of municipal solid waste composting. *Advances in applied microbiology*, 19, 113-151.
- 29. Fortin A.**, Hénault-Éthier L., Michaud L., et Vallière C. 2011. *Guide technique pour le compostage sur site en ICI*. Université de Concordia. Montréal, Canada, 315 p.
- 30. Fourti O.**, Jedidi N., et Hassen A., 2013. Physico-chemical aspects during the composting of municipal solid wastes and sewage sludge in a semi-industrial composting plant. *African Journal of Microbiology Research*, 7: 1055-1068.

31. **Gams W.**, Haekstra E. S. et Aptroot A., 1998. CBS. Course of mycology. 4<sup>ème</sup> edition, Office central des cultures de champignons Baarn, Delft, Pays-Bas. 165 p.
32. **Gouli V.**, Gouli S., et Marcelino J. 2016. Concise Illustrated Dictionary Of Biocontrol Terms. Elsevier, Amsterdam, p. 11.
33. **Griffin D. M.** 1985. A comparison of the roles of bacteria and fungi. *Bacteria in Nature*, 1, 221–255.
34. **Guet G.**, Chotard A., et Riman K. 2003. Mémento d'agriculture biologique. 2<sup>ème</sup> édition France Agricole, Paris, France. 402 p.
35. **Gullino M.** et Gilardi G. 2019. Optimizing existing pest management tools for IPM for increasing sustainability in agriculture. Europe China Lever for IPM Demonstration, Université de Lleida, 12 Septembre 2019. Lleida, Espagne.
36. **Guo Q. G.**, Dong W. X., Li S. Z., Lu X. Y., Wang P. P., et Zhang X. Y. 2014. Fengycin produced by *Bacillus subtilis* NCD-2 plays a major role in biocontrol of cotton seedling damping-off disease. *Microbiology Research* 169 :533–540.
37. **Gurama A. U.**, Haruna S. et A. Adebitan S. A. 2012. Vharacteristics and antifungal effect of composts on *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* incitant of *Fusarium* wilt of tomato (*Solanum lycopersicum L.*). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 2(7): 23-31.
38. **Hibar K.**, Daami-Remadi M., Jabnoun-Khiareddine H., Znaïdi I. E. et Mohammed E. M. 2006. Effet des extraits de compost sur la croissance mycélienne et l'agressivité du *Fusarium oxysporum f. sp. radicles-lycopersici*. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 10(2): 101-108.
39. **Hmouni A.**, Hajlaoui MR., Mlaiki A. (1996). Résistance de *Botrytis cinerea* aux benzimidazoles et aux dicarboximides dans les cultures abritées de tomate en Tunisie. *OEPP/EPPO Bull.* 26 : 697–705.
40. **Ivors K.**, Beyer D., Wuest P., et Kang S. 2002. Survey of fungal diversity in mushroom compost using sequences of PCR-amplified genes encoding 18S ribosomal RNA. *Microbiology of Composting*, 17–24.

- 
41. **Kaiser M.** 1983. L'analyse de la microbiologie du compost. *Compost information*, 12(1): 9-12.
  42. **Kavita S.**, et **Vinod K. G.** 2018. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. Elsevier, Amsterdam. 373-413 pp.
  43. **Adedeji K. O.** 2016. In Vitro Evaluation of Spent Mushroom Compost on Growth of *Fusarium Oxysporium f. sp. Lycopersici*. *Advances in Plants and Agriculture Research*. 4(4): 332-339.
  44. **Kouki S.**, Saidi N., Rajeb A., Brahmi M., Belila A., Fumio, M., Hefi A., Jedidi N., Downer J., et Ouzari H. I. 2012. Control of *Fusarium* Wilt of Tomato Caused by *Fusarium oxysporum f. sp. Radicis-Lycopersici* Using Mixture of Vegetable and *Posidonia oceanica* Compost. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012, 11 p.
  45. **Kowalchuk G. A.**, Naoumenko Z. S., Derikx P. J., Felske A., Stephen J. R., et Arkhipchenko I. A. 1999. Analysis of ammonia-oxidizing bacteria of the  $\beta$  subdivision of the class Proteobacteria in compost and composted material. *Applied and Environmental Microbiology*, 65, 396–403.
  46. **Le Minor L.**, 1984. *Escherichia coli : Bactériologie Médicale*. Flammarion Médecine Sciences, Paris, France. pp. 240–353.
  47. **Leandro S.**, et **Adriana S. F.** 2015. *Coffee in Health and Disease Prevention*. Academic Press, Minas Gerais, 283-291.
  48. **Leslie J. F.** et **Summerell B. A.** 2006. *The Fusarium laboratory manual*. Edition Blackwell, Iowa, Etats Units. 388 p.
  49. **Likens G.** 2009. *Encyclopedia of inland waters*. Academic Press. Elsevier ,Amsterdam, 2250 p.
  50. **Liu W.**, Rong H., Xu J., Liang S., Jijin L., Tongke Z., Wang S. 2017 Effects of biochar on nitrogen transformation and heavy metals in sludge composting. *Bioresources and Technology*, 235: 43–49.
  51. **Lott Fischer J.** 1998. Avoidance of biorisks of composting by thermohygenization: influence of the type of system and management on the occurrence of the potentially

- pathogenic mold *Aspergillus fumigatus* and fecal indicator bacteria. Thèse de doctorat, Université de Neuchâtel, Suisse.
- 52. Macias-Corral M. A.**, Cueto-Wong J. A., Morán-Martínez J., Reynoso-Cuevas L. 2019. Effect of different initial C/N ratio of cow manure and straw on microbial quality of compost. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture* 8, 357–365.
- 53. Mainoo N.O.K.**, Barrington S., Whalen J. K., Sampedro L., 2009. Pilot-scale vermicomposting of pineapple wastes with earthworms native to Accra. Ghana. *Bioresources Technology*, 100: 5872–5875.
- 54. Melo I. S.**, Valente A. M. M. P., Kavamura V., Vilela E. S. D., et Faull J. L. 2014 Mycoparasitic nature of *Bionectria* sp. strain 6.21. *Journal of Plant Protection Research*, 54(4):327–333.
- 55. Michel J. F.**, Marsh T. J., et Reddy C. A. 2002. Bacterial community structure during yard trimmings composting. *Microbiology of Composting*, 25–42 pp.
- 56. Miller F. C.** 1996. Composting as a process based on the control of ecologically selective factors. Metting Jr., F.B. New York, États-Unis, 515–544 pp.
- 57. Morales-Corts M. R.**, Pérez-Sánchez R. et Gómez-Sánchez M. A. 2018. Efficiency of garden waste compost teas on tomato growth and its suppressiveness against soilborne pathogens. *Scientia Agricola*, 75(5): 400-409.
- 58. Murrell J. C.**, McDonald I. R., et Bourne D.G. 1998. Molecular methods for the study of methanotroph ecology. *FEMS Microbiology Ecology*, 27 (2):103–114.
- 59. Mustin M.** 1987. Le compost : gestion de la matière organique. Editions Francois Dubusc, Paris, France. 954 p.
- 60. Naidu Y.**, Meon S., Kadir J., Siddiqui Y. 2010. Microbial starter for the enhancement of biological activity of compost tea. *International Journal of Agriculture & Biology*, 12: 51-56.
- 61. Raaijmakers J. M.**, Vlami M., et de Souza J. T. 2002. Antibiotic production by bacterial biocontrol agents. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 81, 537–547.

- 
- 62. Shobha G.** et **Kumudini B. S.** 2012. Antagonistic effect of the newly isolated PGPR *Bacillus spp.* on *Fusarium oxysporum*. International Journal of Applied Science and Engineering Research, 1: 463–474.
- 63. Si Mohammed A.** 2010. Etude de la compatibilité végétative chez les populations de *Fusarium oxysporum* isolées dans l'ouest Algérien. Mémoire de Magister, Université d'Oran, Algérie. 84 p.
- 64. Singh D.,** Singh H., et Prabha R. 2017. Plant-Microbe Interactions In Agro-Ecological Perspectives. Vol. 1, Springer, Singapour, 657 p.
- 65. Site web.** 2017. Compost: The Perfect Amendment. Consulté le 15 September 2020, sur <http://www.portlandediblegardens.com/blog/2017/1/19/compost-the-perfect-amendment>
- 66. Soobhany N.** 2018. Preliminary evaluation of pathogenic bacteria loading on organic Municipal Solid Waste compost and vermicompost, Journal of Environmental Management, 206: 763-767.
- 67. Strom P. F.** 1985. Effect of temperature on bacterial diversity in thermophilic solid-waste. Applied and Environmental Microbiology, 50, 899–905.
- 68. Vargas-Inciarte L.,** Fuenmayor-Arrieta Y., Luzardo-Méndez M., Costa-Jardin M., Vera A., Carmona D., Homen-Pereira M., Costa-Jardin P. et San-Blas E. 2019. Use of different *Trichoderma* species in cherry type tomatoes (*Solanum lycopersicum L.*) against *Fusarium oxysporum* wilt in tropical greenhouses, 43(1): 885-100.
- 69. Węgrzyn E.,** et **Górzyńska K.** 2019. Influence of the fungal hyperparasite *Trichoderma harzianum* on the growth of *Epichloë typhina*, an agent of choke disease in grasses. Journal of Plant Diseases and Protection, 126, 39–45.
- 70. Weltzien H. C.** 1992. Biocontrol of foliar fungal disease with compost extracts. Microbial Ecology of leaves. Springer- Verlag, New York. 430–450.
- 71. Yulipriyanto H.** 2001. Emission d'effluents gazeux lors du compostage de substrats organiques en relation avec l'activité microbienne (nitrification/dénitrification). Thèse de doctorat, Université de Rennes, France, 210 p.

- 72. Zegels A.**, Mommaert E.,et Brahy V. 2018. Composter les déchets organiques. Wallonie Environnement SPW, Wallonie, Belgique. p. 627
- 73. Znaidi A.** 2002. Étude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes. Master of Science Degree n° 286. Bari : Mediterranean Organic Agriculture, CIHEAM Mediterranean Agronomic Institute, 94 p.

## Annexes

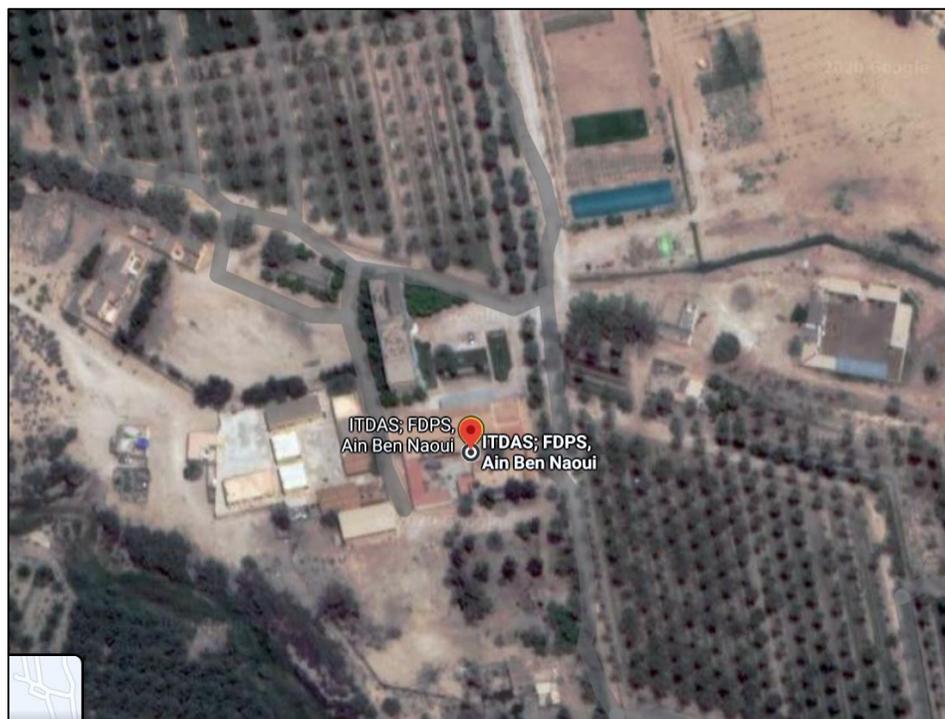
### Annexe A : Liste des articles utilisés dans l'analyse comparative

1. **Abbasi F.**, Mokhtari M. et Jalili, M. The impact of agricultural and green waste treatments on compost quality of dewatered sludge. 2019. *Environmental Science and Pollution Research*, 26: 35757–35766.
2. **Alwathnani H.** et Perveen k. 2012. Biological control of *Fusarium* wilt of tomato by antagonist fungi and cyanobacteria. *African Journal of Biotechnology*, 11(5): 1100-1105.
3. **Arslan Topal Topal E. I.**, Ünlü A. et Topal M. 2016. Effect of aeration rate on elimination of coliforms during composting of vegetable–fruit wastes. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 5: 243–249.
4. **Asses N.**, Farhat W., Hamdi M., Bouallagui H. 2019. Large scale composting of poultry slaughterhouse processing waste: Microbial removal and agricultural biofertilizer application, *Process Safety and Environmental Protection*, 124, 128-136
5. **Boukerma L.**, Benchabane M., Charif A., Khélif L. 2017. Activity of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) in the biocontrol of tomato *Fusarium* wilt. *Plant Protection Science*, 53: 78-84.
6. **Cole K. J.** et **Hogan J. S.** 2016. Short communication: Environmental mastitis pathogen counts in freestalls bedded with composted and fresh recycled manure solids. *Journal of Dairy Science*, 99(2): 1501-1505.
7. **Fatunla O.**, Inam E., Essien J., Dan E., Odon A., Kang S., et Semple K. 2017. Influence of composting and thermal processing on the survival of microbial pathogens and nutritional status of Nigeria sewage sludge. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 6: 1-10.
8. **Gurama A. U.**, Haruna S. et A. Adebitan S. A. 2012. Vharacteristics and antifungal effect of composts on *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* incitant of *Fusarium* wilt of tomato (*Solanum lycopersicum L.*). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 2(7): 23-31.

9. **Hibar K.**, Daami-Remadi M., Jabnoun-Khiareddine H., Znaïdi I. E. et Mohammed E. M. 2006. Effet des extraits de compost sur la croissance mycélienne et l'agressivité du *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici*. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 10(2): 101-108.
10. **Adedeji K. O.** 2016. *In Vitro* Evaluation of Spent Mushroom Compost on Growth of *Fusarium Oxysporium f. sp Lycopersici*. *Advances in Plants and Agriculture Research*. 4(4): 332-339.
11. **Kouki S.**, Saidi N., Rajeb A., Brahmi M., Belila A., Fumio, M., Hefi A., Jedidi N., Downer J., et Ouzari H. I. 2012. Control of *Fusarium* Wilt of Tomato Caused by *Fusarium oxysporum f. sp. Radicis-Lycopersici* Using Mixture of Vegetable and *Posidonia oceanica* Compost. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012: 11 p.
12. **Macias-Corral M. A.**, Cueto-Wong J. A., Morán-Martínez J., Reynoso-Cuevas L. 2019. Effect of different initial C/N ratio of cow manure and straw on microbial quality of compost. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture* 8: 357–365.
13. **Morales-Corts M. R.**, Pérez-Sánchez R. et Gómez-Sánchez M. A. 2018. Efficiency of garden waste compost teas on tomato growth and its suppressiveness against soilborne pathogens. *Scientia Agricola*, 75(5): 400-409.
14. **Soobhany N.** 2018. Preliminary evaluation of pathogenic bacteria loading on organic Municipal Solid Waste compost and vermicompost, *Journal of Environmental Management*, 206: 763-767.
15. **Vargas-Inciarte L.**, Fuenmayor-Arrieta Y., Luzardo-Méndez M., Costa-Jardin M., Vera A., Carmona D., Homen-Pereira M., Costa-Jardin P. et San-Blas E. 2019. Use of different *Trichoderma* species in cherry type tomatoes (*Solanum lycopersicum L.*) against *Fusarium oxysporum* wilt in tropical greenhouses, 43(1): 885-100.

**Annexe B : Matériels, appareils, produits et réactifs utilisés ou nécessaires pour ce travail**

<b>Appareille</b>	<b>Matériels</b>	<b>Produits et Réactifs</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Balance</li> <li>▪ Compteur des colonies</li> <li>▪ Etuve</li> <li>▪ Thermomètre</li> <li>▪ pH-mètre</li> <li>▪ Microscope optique</li> <li>▪ Congélateur</li> <li>▪ Agitateur</li> <li>▪ Homogénéisateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anse de platine</li> <li>▪ Barreau</li> <li>▪ Bec Benzen</li> <li>▪ Béchers</li> <li>▪ Boîtes de Pétri</li> <li>▪ Containers de 20 litre</li> <li>▪ Entonnoir</li> <li>▪ Eprouvettes</li> <li>▪ Lames et lamelles</li> <li>▪ Micropipette</li> <li>▪ Papier aluminium</li> <li>▪ Sachet d'homogénéisation Stomacher</li> <li>▪ Tamis</li> <li>▪ Tube Durham</li> <li>▪ Tubes de culture à vis</li> <li>▪ Emporte-pièce</li> <li>▪ Bac de compostage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alcool éthylique à 90%</li> <li>▪ Bleu coton au lactophénol</li> <li>▪ Disques de chloramphénicol</li> <li>▪ Disques de streptomycine</li> <li>▪ Eau de distribution courante</li> <li>▪ Eau distillée</li> <li>▪ Eau peptonnée</li> <li>▪ Hypochlorite de sodium (eau de Javel) à 5%</li> <li>▪ <b>Milieux de culture</b></li> <li>▪ Bouillon d'enrichissement Rappaport Vassiliadis (RVEB)</li> <li>▪ Gélose bile vert brillant BGB</li> <li>▪ Gélose MUG Sorbitol</li> <li>▪ Gélose XLD Agar</li> <li>▪ Milieu PDA</li> <li>▪ Milieu Salmonella-Shigella</li> </ul>

**Annexe C : Localisation des sites d'échantillonnage****Annexe C-1 : Localisation d'ITDAS d'Aïn Ben Naoui de Biskra d'où on a collecté les tomates infectées****Annexe C-2 : Localisation de Ras El-karia de centre-ville de Biskra d'où on a collecté les grains de pollen de palmier dattier mâle infectés**

**Annexe D : Composition du milieu Potato-Dextrose-Agar (PDA)**

Agar-agar .....	20 g
Pomme de terre .....	200 g
Dextrose.....	20 g

**Annexe G : Protocoles standards de dénombrement des entérobactéries indiquant la contamination fécale****Annexe G-1 : La technique du nombre le plus probable (NPP) pour le dénombrement des coliformes**

- Une dilution 1:10 ( $10^{-1}$ ) a été préparée à partir de 200 ml de l'eau peptonnée et un échantillon d'environ 20 g de compost dans un sachet d'homogénéisation stérile;
- Le mélange a été ensuite homogénéisé pendant 1 minute;
- Trois dilutions supplémentaires en série 1:10 ( $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ , et  $10^{-4}$ ) ont été ensuite préparées ;
- 1 ml de chacune des dilutions  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  a été transféré dans chacun des trois tubes de culture à vis contenant 5 ml d'un bouillon d'enrichissement (bile vert brillant (BGB) à 2%) ;
- 1 ml de chacune des dilutions  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  a été encore transféré dans un tube Durham inversé qui sert à la détection des gaz produits par les microorganismes;
- Les tubes ont ensuite été incubés pendant 24 h dans un incubateur à  $37\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  pour les coliformes totaux et à  $44.4\text{ °C}$  pour les coliformes fécaux;
- Le nombre des tubes positifs de chacune des dilutions a été enregistré, dont la formation de gaze est le critère qui indique un résultat positif;
- Le NPP par g a été finalement calculé à l'aide de l'indice NPP dans une série de dilutions à 3 tubes en consultant le tableau standardisé.

**Annexe G-2 : Dénombrement des unités formatrices des colonies (UFCs) d'*E. coli***

- Une dilution 1:10 ( $10^{-1}$ ) a été réalisée par ajout de 200 ml de l'eau peptonnée à un échantillon d'environ 20 g de compost au sein d'un sachet d'homogénéisation stérile ;
- La dilution a été ensuite homogénéisée pendant 1 minute ;
- Trois dilutions supplémentaires en série 1:10 ( $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ , et  $10^{-4}$ ) ont été préparées à partir de laquelle ;
- Un prélèvement de 0,1 ml de chacun des dilutions  $10^{-3}$  et  $10^{-4}$  a étéensemencé sur gélose MUG Sorbitol;
- Les boîtes de Pétri ont été incubées pendant 24 h à 37 °C ;
- Le nombre des colonies d'*E. coli* a été compté sous un compteur des colonies.
- Le nombre des UFC est enfin calculé selon la formule suivante :

$$N \text{ (UFC / ml ou g)} = \sum C / [V \times \{n_1 + (0.1 \times n_2)\} \times d \times d]$$

Où :

**N** = Nombre des UFCs par ml ou g d'échantillon

$\sum C$  = Somme des colonies comptés sur toutes les boîtes sélectionnées des deux dilutions successives

**V** = Volume d'inoculum ajouté à chaque plaque (ml)

**n<sub>1</sub>** = Nombre de boîtes sélectionnées de la 1<sup>ère</sup> dilution

**n<sub>2</sub>** = Nombre de plaques sélectionnées à la 2<sup>ème</sup> dilution

**d** = Facteur de dilution de la première dilution

**Annexe G-3: Dénombrement des unités formatrices des colonies (UFCs) de *Salmonella spp.***

- Une dilution 1:10 ( $10^{-1}$ ) a été préparé à partir de 225 ml de peptone d'eau tamponnée et 25 g de compost homogénéisés et incubés dans un sachet d'homogénéisation stérile ;
- Une dilution  $10^{-2}$  a été ensuite préparée en utilisant le bouillon d'enrichissement Rappaport Vassiliadis (RVEB) comme diluant ;
- Trois dilutions supplémentaires en série  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  ont été préparées à l'aide du bouillant d'enrichissement RVEB après avoir incubé la dilution  $10^{-2}$  ;
- Un prélèvement de 0,1 ml de chacune des dilutions a été transféré sur la gélose XLD Agar;
- L'estimation de nombre des UFC a été calculée après le comptage des colonies en appliquant la formule précédemment indiquée.

# Résumés

## ملخص

تعتبر معالجة التربة بوساطة الأسمدة العضوية الغنية بالبكتيريا والفطريات المضادة للميكروبات الممرضة للنباتات البديل الأمثل للمواد الكيميائية المستخدمة للقضاء على هذه الكائنات الضارة. لكن فعالية هذه الأسمدة العضوية تعتمد على طبيعة النفايات المستخدمة في إنتاجها، والتي تحدد نوعية الميكروبات المضادة التي تستعمرها، وتتعلق فعالية هذه الأخيرة بالمثل على مدة ونوعية الطريقة المعتمدة لإنتاج هذه الأسمدة. وقد يشكل استخدام الفضلات الحيوانية في إنتاج الأسمدة العضوية أخطارا صحية نظرا لاحتواءها على الجراثيم الممرضة. يهدف بحثنا من هذا المنطلق إلى اختبار القدرة التثبيطية لمستخلص سماد عضوي تم إنتاجه سابقا انطلاقا من فضلات الحمام بالإضافة إلى الأوراق- ضد سلالات فطرية مجهرية ممرضة لنبات الطماطم وكذا لسلالات فطرية أخرى ممرضة لحبوب طلع النخيل المذكور. يهدف هذا المبحث بالمثل إلى اختبار القدرة التثبيطية لهذا المستخلص لكل من الأنواع البكتيرية الممرضة *E. coli*, *Sallmonella spp.*, et *Staphylococcus aureus* التي تم عزلها من فضلات الحمام التي تم استخدامها في إنتاج هذا السماد. وقد أظهرت الدراسة التحليلية المقارنة لنتائج دراسات سابقة قامت باختبار الفعالية التثبيطية لمختلف المستخلصات لمختلف الأسمدة ذات التركيب المختلفة- ضد الفطري الممرض للطماطم *Fusarium oxysporum f. sp. radicle-lycopersici* أن الفطريات أكثر تثبيطا لهذا الفطري من البكتيريا. كما أظهرت أن مستخلصات الأسمدة ذات الأساس الفضلاتي الحيواني أكثر فعالية ضد هذا الأخير من الأسمدة ذات الأساس النباتي. وقد تم ملاحظة القضاء الذي يكاد يكون جنريا لمختلف الأسمدة على البكتيريا المعوية الفضلاتية والإي. كولاي وكذا البكتيريا من نوع سالمونيلا باستثناء الأسمدة المحضرة من الفضلات العضوية الصلبة والتي اعتمدت طريقة التحلل الذاتي إلى سماد في الهواء الطلق، والتي سمحت بتكاثر البكتيريا العضوية الفضلاتية بدلا من القضاء عليها.

**الكلمات المفتاحية :** عامل تحكم بيولوجي، طماطم، نشاط مضاد، سماد عضوي، *Fusarium oxysporum f. sp. radicle-lycopersici*

## Résumé

Le traitement des sols avec les composts qui se renferment avec les microorganismes antagonistes - dits Agents de Bio Contrôle - fait l'objet d'une meilleure alternative biologique des produits chimiques pour lutter contre les phytopathogènes d'origine tellurique. Néanmoins, l'efficacité de ces composts dépend de la nature des substrats utilisés afin de les produire, et par conséquent les microorganismes antagonistes qui les colonisent, comme elle dépend de la durée, ainsi que la méthode adoptée pour le compostage. En outre, l'utilisation de la matière fécale pour le compostage pose un risque sanitaire à cause des pathogènes fécaux qu'elle contient. Notre travail a pour objectif l'étude du pouvoir antagoniste de l'extrait d'un compost élaboré à partir des fientes de pigeon et des papiers contre certaines souches fongiques phytopathogènes pour les tomates, et certaines autres phytopathogènes des grains de pollen de palmier dattier mâle. Il a aussi l'intention d'étudier l'effet inhibiteur de ce compost contre les bactéries pathogènes *E. coli*, *Sallmonella spp.*, et *Staphylococcus aureus* qui ont été isolées à partir des fientes de pigeon utilisées pour le produire. L'analyse comparative des résultats des travaux précédents, qui ont réalisé des tests d'effet inhibiteur des extraits des composts de compositions différentes, a montré que les composts d'origine fécale sont plus antagonistes vis-à-vis le phytopathogène fongique des tomates *Fusarium oxysporum f. sp. radicle-lycopersici* (FOL) que ceux d'origine végétale. On a noté aussi que les moisissures antagonistes isolés à partir des composts sont plus efficaces contre FOL que les bactéries. Les différents composts on démontré de plus une élimination presque totale des coliformes, de *E. coli*, et des salmonelles à l'exception de ceux d'origine fécale solide et qui ont été compostés à l'air libre, qui ont favorisé la prolifération des coliformes fécaux.

**Mots clés :** agent de biocontrôle, antagonisme, compost, *Fusarium oxysporum f. sp. radicle-lycopersici*, tomates.

## Abstract

Due to their antagonistic microbiological content, treating soil with composts is among the best alternatives of chemical treatment against fungal plant pathogens. The efficiency of these treatments; however, depends of the substrates utilized to produce these composts, and consequently the quality of the antagonistic microorganisms colonizing them. It also depends on the duration as well as the method followed in order to produce them. In addition, the fecal content of composts poses potential health hazards. The object of this work is to test the antagonistic potency of the extract of the previously made "pigeon droppings and paper" compost on certain fungal pathogen strains of tomato as well as certain fungal pathogens of a male date palm pollen seeds. It aims also to test the inhibitory effect of this compost against the pathogenic *E. coli*, *Sallmonella spp.*, et *Staphylococcus aureus*, which have been isolated out of the pigeon droppings that have been used to produce this compost. An analytical review of previous studies, which have tested the antagonistic effect of different composts' extracts has showed animal manure based composts were more antagonistic to the tomato's fungal pathogen *Fusarium oxysporum f. sp. radicle-lycopersici* (FOL) than plant waste based composts. We have noted in addition, that antagonistic fungi that have been isolated from different composts were more suppressive of FOL than bacteria. The studied composts proved a nearly total elimination of coliforms, *E. coli*, and *Salmonella spp.* An exception has been noted for manure waste solids based compost, which has been composted in the open air, which has favored fecal coliforms proliferation.

**Keywords:** antagonistic activity, bio control agent, compost, *Fusarium oxysporum f. sp. radicle-lycopersici*, tomato.