

**IMPACT AGRONOMIQUE DE L'APPLICATION
DE COMPOSTS À BASE DE RÉSIDUS CHITINEUX**

Par

Nathalie Côté

**Mémoire présenté au Département de biologie en vue
de l'obtention du grade de maître ès sciences (M. Sc.)**

**FACULTÉ DES SCIENCES
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE**

Sherbrooke, Québec, Canada, Juillet 1999



National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque nationale
du Canada

Acquisitions et
services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

Our file Notre référence

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

The author retains ownership of the copyright in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-56884-9

Canada

Le 23/7/99 , le jury suivant a accepté ce mémoire dans sa version finale.
date

Président-rapporteur: M. Claude Déry
Département de biologie

Membre: Mme Carole Beaulieu
Département de biologie

Membre: M. Ryszard Brzezinski
Département de biologie

Membre: M. Gordon M. Barnett
Agriculture Canada

SOMMAIRE

L'effet d'un amendement en compost à base de résidus marins a été étudié en serres et en champs sur deux cultures : l'orge et le soya. Pour les premiers essais, deux types de compost, le CT₂S₂ et le FTS ayant deux degrés de maturités ont été testés. Les résultats en serres nous indiquent que ces composts, indépendamment de leur maturité, n'affectent pas la croissance et le développement de ces cultures végétales. En effet, aucune différence significative n'a pu être observée en comparant les plants amendés de compost avec les différents témoins (fertilisés à l'engrais chimique ou non). Les propriétés physico-chimiques du sol ne semblent pas être affectées par l'amendement. Le premier essai en champs, quant à lui, a permis d'étudier l'effet de compost de type FTS ayant 10 jours et 30 jours de maturation après l'ajout de résidus marin. Le second essai a pour sa part, permis de vérifier l'effet de l'ajout de composts FTS ayant deux taux d'amendement en carapaces de crevettes soit 15 % et 30 %. Les résultats obtenus démontrent que le temps de maturation et le pourcentage de carapaces de crevettes utilisés pour l'amendement ne semblent pas modifier les propriétés du compost. Les résultats démontrent entre autre que l'amendement en composts est bénéfique au développement des plantes. En effet, le rendement des cultures, la production de grains et la hauteur des plants ayant reçus un amendement organique est supérieur à ceux non-amendés. Pour ce qui est des éléments minéraux retrouvés dans les tissus végétaux, aucune accumulation néfaste n'est notée. Les propriétés du sol ne semblent pas avoir été modifiées; le pH, le contenu en matière organique volatile, la capacité de rétention en eau et la capacité d'échange cationique est comparable entre les traitements alors que la teneur en éléments minéraux du sol est très peu variable. En ce qui a trait à la microflore du sol, celle-ci n'est pas trop perturbée par l'ajout de compost. Le nombre de bactéries totales et chitinolytiques a que très peu varié tout au long des essais. En revanche, le nombre d'actinomycètes est significativement supérieur dans les sols amendés de compost, et ce tout au long des essais.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier ma codirectrice, Mme Carole Beaulieu ainsi que mon codirecteur de recherche, M. Ryszard Brzezinski pour m'avoir permis de réaliser ce projet et pour leur support tout au long de ma formation.

Je voudrais aussi remercier tout spécialement nos collaborateurs de la Station de Recherche d'Agriculture Canada à Lennoxville soit, M. Alain Pesant, M. Gordon Barnett et M. Simon Guertin de même que leur personnel de soutien, M. Réal Gagné pour son expertise en physique des sols, M. Dominique Gagnon et M. Alain Dubreuil pour tout ce qui a trait aux essais sur le terrain et finalement M. Richard Bolduc pour son dévouement.

Remerciements particuliers à M. Laurent Côté du Centre de Recherche Industrielle du Québec (C.R.I.Q.) et à toute son équipe qui nous a épaulés tout au long de ce projet, et plus particulièrement à Mme Sophie Cantin. Je tiens aussi à souligner la participation de M. Richard Hogue du M.A.P.A.Q. pour ces nombreuses idées et sa participation active.

Sincères remerciements à Mme Nicole Landry pour ces nombreux entretiens ainsi qu'à M. Claude Déry et M. Pierre Bécharde pour leurs précieux conseils.

Merci à Guylaine Giroux, Isabelle Duclos et Stéphanie Goineau pour avoir participé à la réalisation de certains de mes objectifs.

Finalement, je tiens à remercier parents et amis pour leur présence.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	ii
REMERCIEMENTS	iii
TABLE DES MATIÈRES	iv
LISTE DES ABRÉVIATIONS	vii
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	x
LISTE DES ANNEXES	xi
INTRODUCTION	1
Composition des composts	1
Aspect agronomique: compost vs fertilisation	2
Compost à base de carapaces de crevettes : effets biologiques	3
L'amendement en compost et la microbiologie du sol	4
Objectifs du projet	5
CHAPITRE 1-MATÉRIEL ET MÉTHODES	7
1.1 Dispositif expérimental des essais en serre et en champs	7
1.1.1 Essai en serre	7
1.1.2 Essais en champs	8
1.2 Effet du compost sur le rendement des cultures végétales	9
1.3 Effet du compost sur le contenu en éléments minéraux des plants et des grains	10
1.3.1 Analyse de la teneur en azote total et en phosphore total	10
1.3.2 Analyse de la teneur en potassium	11
1.4 Effet du compost sur les propriétés physico-chimiques du sol	12
1.4.1 Analyse du pH du sol	12
1.4.2 Analyse de la matière organique du sol	12

1.4.3	Analyse de la masse volumétrique apparente	13
1.4.4	Analyse de la capacité de rétention d'eau	13
1.4.5	Analyse de la capacité d'échange cationique	13
1.4.6	Analyse de la teneur en azote total des échantillons de sol	14
1.4.7	Analyse de la teneur en nitrate et en azote ammoniacal du sol	15
1.4.8	Analyse de la teneur en phosphore total du sol	15
1.4.9	Analyse de la teneur en phosphore libre	16
1.4.10	Analyse de la teneur en potassium	17
1.5	Analyse de l'effet du compost sur la microflore du sol	17
1.6	Analyses statistiques	18
 CHAPITRE II-RÉSULTATS		19
2.1	Essai en serre:	19
2.1.1	Effet des composts sur le rendement des cultures végétales	19
2.1.2	Effet des composts sur les propriétés physico-chimiques du sol	22
2.1.2.1	pH du sol	22
2.1.2.2	Matière organique du sol	23
2.1.2.3	Éléments minéraux du sol	24
2.1.3	Effet des composts sur les microorganismes du sol	27
2.2	Essai en champs (1^{er} essai)	28
2.2.1	Effet des composts sur le rendement des cultures végétales	33
2.2.2	Effet des composts sur le contenu en éléments minéraux des grains et des plants	33
2.2.3	Effet de l'amendement sur les propriétés physico-chimiques du sol	37
2.2.3.1	pH, matière organique, masse volumétrique, capacité de rétention d'eau et capacité d'échange cationique des sols	37

2.2.3.2	Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux des sols	40
2.2.4	Effet de l'amendement sur la microflore du sol	42
2.3	Essai en champs (2 ^e essai)	47
2.3.1	Effet des composts sur le rendement des cultures végétales	47
2.3.2	Effet de l'amendement sur les propriétés physico-chimiques du sol	47
2.3.2.1	pH, matière organique	47
2.3.2.2	Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux des sols	50
2.3.3	Effet de l'amendement sur la microflore du sol	52
 CHAPITRE III-DISCUSSION		57
CONCLUSION		63
ANNEXE		64
BIBLIOGRAPHIE		67

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Ac:	Acétate
cm:	centimètre
C.P.V.Q.	Conseil de Production Végétale du Québec
C.R.I.Q.:	Centre de Recherche Industrielle du Québec
g:	gramme
ha:	hectare
hl:	hectolitre
jrs:	jours
kg:	kilogramme
l:	litre
m:	mètre
M:	molaire
M.A.P.A.Q.	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
meq:	milliéquivalent
min:	minute
ml:	millilitre
mm:	millimètre
ppm:	partie par million
p/v:	poids/volume
RPM:	rotations par minute
sec:	seconde
UFC:	unité formatrice de colonie
µm:	micromètre
µl:	microlitre
°C:	degré Celcius
%:	pourcentage

LISTE DES TABLEAUX

1. Effet des différents composts sur les propriétés physiques de l'orge en sol léger	20
2. Effet des différents composts sur les propriétés physiques du soya en sol léger	20
3. Effet des différents composts sur les propriétés physiques de l'orge en sol argileux	21
4. Effet des différents composts sur les propriétés physiques du soya en sol argileux	22
5. Effet de l'amendement sur le pH des sols	23
6. Effet de l'amendement sur le contenu en matière organique des sols	24
7. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol pour la culture d'orge en sol léger	25
8. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol pour la culture de soya en sol léger	25
9. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol pour la culture d'orge en sol argileux	26
10. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol pour la culture de soya en sol argileux	27
11. Effet des différents composts sur les propriétés physiques de l'orge	34
12. Effet des différents composts sur les propriétés physiques du soya	34
13. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux des plants d'orge	35
14. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux des grains d'orge	35
15. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux des plants de soya	36
16. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux des grains de soya	36

17. Effet de l'amendement sur le pH des sols	37
18. Effet de l'amendement sur le contenu en matière organique des sols	38
19. Effet de l'amendement sur la capacité de rétention en eau des sols	38
20. Effet de l'amendement sur la masse volumétrique des sols	39
21. Effet de l'amendement sur la capacité d'échange cationique des sols	40
22. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol pour la culture d'orge	41
23. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol pour la culture de soya	41
24. Effet des différents composts sur les propriétés physiques de l'orge (2 ^e essai)	48
25. Effet des différents composts sur les propriétés physiques du soya (2 ^e essai)	49
26. Effet de l'amendement sur le pH des sols (2 ^e essai)	49
27. Effet de l'amendement sur le contenu en matière organique des sols (2 ^e essai)	50
28. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol lors de la culture d'orge (2 ^e essai)	51
29. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol lors de la culture de soya (2 ^e essai)	51
30. Compilation des résultats obtenus pour l'effet des composts sur le rendement des cultures végétales	59

LISTE DES FIGURES

1. Décompte des bactéries totales lors des essais en serre pour le sol Greensboro	29
2. Décompte des bactéries chitinolytiques lors des essais en serre pour le sol Greensboro ...	30
3. Décompte des actinomycètes lors des essais en serre pour le sol Greensboro	31
4. Décompte des champignons lors des essais en serre pour le sol Greensboro	32
5. Décompte des bactéries totales lors des essais en champs (1 ^{er} essai)	43
6. Décompte des bactéries chitinolytiques lors des essais en champs (1 ^{er} essai)	44
7. Décompte des actinomycètes lors des essais en champs (1 ^{er} essai)	45
8. Décompte des champignons lors des essais en champs (1 ^{er} essai)	46
9. Décompte des bactéries totales lors des essais en champs (2 ^e essai)	53
10. Décompte des bactéries chitinolytiques lors des essais en champs (2 ^e essai)	54
11. Décompte des actinomycètes lors des essais en champs (2 ^e essai)	55
12. Décompte des champignons lors des essais en champs (2 ^e essai)	56

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Éléments minéraux contenus dans les plants d'orge (1 ^{er} essai en champs)	64
Annexe 2. Éléments minéraux contenus dans les grains d'orge (1 ^{er} essai en champs)	64
Annexe 3. Éléments minéraux contenus dans les plants de soya (1 ^{er} essai en champs)	65
Annexe 4. Éléments minéraux contenus dans les grains de soya (1 ^{er} essai en champs)	65
Annexe 5. Éléments minéraux contenus dans le sol (culture d'orge; 1 ^{er} essai en champs)	66
Annexe 6. Éléments minéraux contenus dans le sol (culture de soya; 1 ^{er} essai en champs)	66

INTRODUCTION

La stratégie de revalorisation des déchets occupe une place prépondérante en ce tournant de siècle. Le recyclage a d'abord contribué à alléger la charge de déchets retournés en nature. À cela s'ajoute le compostage ; cette stratégie de transformation de la matière organique biodégradable en produit de qualité constitue un amendement intéressant pour les sols. Selon Senesi (1989), le compostage est généralement le pré-traitement le plus adéquat pour obtenir un produit qui correspond mieux aux exigences fertilisantes des sols et ce de la façon la plus sûre. Le compost, qui est un mélange friable et homogène semblable à un terreau, est constitué essentiellement de substances organiques stabilisées. Chaque type de compost possède ses propres caractéristiques. Ces variations sont causées par la nature même des matières organiques et minérales choisies, la technique de compostage et le temps de maturation.

Composition des composts

Avant de démarrer une production de compost, le choix des intrants, ainsi que leurs proportions respectives doivent être déterminés selon des critères précis. Le matériel de départ doit être sélectionné pour éviter de polluer le sol ou d'avoir des substances toxiques qui représentent un danger pour l'humain, les animaux et les plantes (Senesi, 1989). La composition du compost devrait permettre une bonne dégradation des intrants afin d'obtenir un produit final stabilisé. L'utilisation du logiciel Force III créé par le Centre de Recherche Industrielle du Québec rend cette tâche beaucoup plus simple. Cet outil permet d'établir une formulation optimale du mélange à composter en fonction des intrants disponibles. Les biomasses pouvant être utilisées sont très variées ; elles proviennent de milieux naturels tels feuilles, fumier, tourbe ou bien d'activités humaines, comme les déchets d'usines (boues de station d'épuration des eaux, sciures de bois etc.). Finalement, il est important que le produit

final soit stabilisé. Un compost immature peut libérer des substances nuisibles ou contenir des métaux lourds toxiques entraînant des effets inattendus et négatifs sur la végétation (Murillo *et al.*, 1994).

Aspect agronomique : compost vs fertilisation

L'apport en matière organique provenant de composts contribue à maintenir la fertilité et la productivité des sols. Le fait que les composts agissent comme fertilisants est rapporté par plusieurs auteurs. Il a été démontré que l'ajout de matière organique favorise la croissance des cultures végétales grâce à l'augmentation de la disponibilité des nutriments ou par la modification des propriétés du sol (Hountin *et al.*, 1995 ; Lumdsen *et al.*, 1983 ; Senesi, 1989). Des études effectuées par Hountin *et al.* en 1995 ont permis de constater que l'assimilation de phosphore, calcium, magnésium et de potassium par les plants d'orge augmente proportionnellement avec l'application de compost au sol. Cette recherche a aussi permis de conclure qu'un apport en matière organique favorise le développement général des plants d'orge. Alvarez *et al.* (1994) ont pour leur part noté une augmentation significative de la matière sèche des plants suite à l'apport en matière organique. Par conséquent, l'amendement en compost augmenterait la disponibilité des nutriments qui résulterait en une augmentation de la production végétale (Lumdsen *et al.*, 1983 ; Senesi, 1989). L'application de matière organique affecte aussi les propriétés physico-chimiques du sol, qui à leur tour, influencent la biodisponibilité des éléments minéraux. La tourbe par exemple, de part sa capacité de rétention en eau, permet de retenir les éléments dans le milieu de croissance (Hountin *et al.*, 1995 ; Mathur *et al.*, 1988). Les sciures, parfois utilisées comme agent de remplissage sont peu dégradées dans le sol et ont un impact sur la disponibilité de l'azote résiduel pour les années subséquentes (Jellum *et al.*, 1995). Un autre effet de l'application de la matière organique sur les propriétés physico-chimiques du sol est son pouvoir tampon qui stabilise le pH (Senesi, 1989). Finalement, la maturité du produit affecte aussi la biodisponibilité des éléments minéraux présents dans les déchets organiques, principalement celle de l'azote, du

phosphore et du soufre. Un produit stabilisé relâche continuellement des nutriments et assure une fertilisation permanente du sol. Au contraire, un compost immature induit des conditions anaérobiques dans le sol par la minéralisation de la matière organique non-stabilisée (Kelling *et al.*, 1995). Ceci entraîne l'utilisation massive de l'oxygène et la production d'hydroxyde de carbone causant une dénitrification intense et une réduction de la nitrification par la microflore (Senesi, 1989). Par conséquent, il y a diminution de l'azote sous sa forme assimilable par les végétaux dans le sol. De plus, un compost immature peut inhiber la germination et l'élongation des racines par la production de substances toxiques telles l'ammoniaque et l'oxyde d'éthylène (Senesi, 1989).

Compost à base de carapaces de crevettes : effets biologiques

Depuis quelques années, la revalorisation des résidus marins a fait son apparition. Au Japon, des fermiers compostent près de 3000 tonnes/an de carapaces de crevettes/homards broyées pour l'amendement du sol comme fertilisants organiques et pour établir un contrôle biologique contre les maladies (Ali *et al.*, 1997). Lors du processus de compostage, les carapaces des invertébrés marins sont hydrolysées et forment des produits intermédiaires de la chitine et de sa forme partiellement déacétylée, le chitosane. Ces molécules, en plus d'augmenter la disponibilité de l'azote et du phosphore, confèrent des propriétés phytoprotectrices et fongistatiques intéressantes. Tout d'abord, les formes oligomériques de la chitine et du chitosane agissent sur les végétaux en tant qu'éliciteurs de leurs mécanismes de défense et leur confèrent une résistance induite systémique face à certains agents pathogènes (Barber et Ride, 1994 ; Kendra et Hardwinger, 1984). Il a été démontré que le chitosane et ses dérivés, extraits de carapaces de crabes ou de crevettes, appliqués sur les tissus de plantes provoquent l'induction de plusieurs mécanismes biologiques chez les plantes qui sont similaires à ceux observés lors d'infection par des pathogènes (Kendra *et al.*, 1984 & 1989). La synthèse de plusieurs protéines telles les chitinases et de certaines protéases inhibitrices (Kurosaki *et al.*, 1986 ; Muzzarelli, 1993), l'accumulation de phytoalexines, l'augmentation de la lignification

dans les tissus sont entre autres des processus impliqués dans la résistance aux maladies en agissant soit sur la germination ou sur la croissance des agents pathogènes (Barber et Ride, 1994 ; Ghaouth *et al.* 1993). Tous ces mécanismes confirment que les dérivés oligomériques de la chitine ont un potentiel en phytoprotection.

Les propriétés antifongiques que confèrent la chitine et ses dérivés ont fait l'objet de plusieurs études (Ghaouth *et al.*, 1993 ; Kendra et Hardwinger, 1984 ; Sarathchandra *et al.*, 1996). Leur mécanisme d'action est un relâchement des molécules de la paroi des champignons, une augmentation de la vacuolation et la désintégration des protoplasmes des hyphes. Ce qui explique pourquoi l'agent pathogène ne peut coloniser les tissus racinaires en présence de chitosane (Ghaouth *et al.*, 1993).

Il est aussi connu qu'un amendement en chitine entraîne une meilleure minéralisation de l'azote ce qui stimule la croissance des plantes (Sarathchandra *et al.*, 1996 ; Hountin *et al.*, 1995). Ali *et al.* (1997) ont observé, suite à l'ajout de matière organique chitineuse, que les feuilles et les tiges de soya ont accumulé plus d'azote. Finalement, l'amendement chitineux peut aussi influencer la microbiologie du sol ainsi amendé.

L'amendement en compost et la microbiologie du sol

Il est devenu clair, dans les dernières années, qu'un amendement en matière organique n'a pas pour seule fonction de fournir des nutriments mais aussi d'apporter une microflore exogène tels bactéries, champignons, protozoaires (Griffiths, 1994 ; Kelling *et al.*, 1995). L'ajout de matière organique et de microorganismes combinés entraîne la libération de nutriments via la décomposition et favorise la prolifération des microorganismes. Silvapalan *et al.* (1993) ont démontré que l'apport en matière organique à un sol peut augmenter l'activité microbienne et

engendrer une suppression d'une grande variété de microorganismes incluant les agents pathogènes. L'hypothèse la plus plausible serait que ces composts favorisent la prolifération d'antagonistes aux microorganismes pathogènes. Les résultats de Alvarez *et al.* (1995) et de Sarathchandra *et al.* (1996) ont corroboré cette hypothèse en observant que l'ajout de compost stimule le développement d'antagonistes dans la rhizosphère. De plus, McQuilken *et al.* (1994) ont démontré que les extraits liquides de certains composts ont un effet contre les champignons phytopathogènes *Botrytis cinera* et *Phytophthora infestans*. Le groupe de Hoitink *et al.* (1986) a pour leur part isolé, des sols amendés de matière organique, certaines espèces de champignons caractérisées comme ayant des activités antagonistes face à certains agents pathogènes. Ce qui amène à croire que les microorganismes et les métabolites présents dans différents composts peuvent être antagonistes à certains agents pathogènes et modifier la microflore du sol. Selon Vrugink (1970), les oligomères de chitine privilégieraient le développement d'un groupe particulier de bactéries : les actinomycètes. Ces microorganismes sont reconnus pour être d'efficaces antagonistes naturels de plusieurs agents pathogènes. Leur capacité à produire des métabolites secondaires, les antibiotiques, permet l'inhibition de croissance de certains microorganismes. Cette modification de la microflore a aussi été étudiée par Mitchell et Alexander (1962). L'addition de chitine au sol favoriserait aussi l'accroissement de la population microbienne fixatrice d'azote et celle de certains organismes mycorrhisateurs (Ali *et al.*, 1997 ; Jodice et Nappi, 1987 ; Lingappa et Lockwood, 1961).

Objectifs du projet

Le projet visant l'étude de l'application de compost à base de résidus chitineux sur le rendement des cultures végétales s'inscrit dans le cadre d'un projet multidisciplinaire. La première partie de ce projet consistait en la mise au point d'un procédé de compostage permettant d'obtenir, à la fin du processus, un produit stabilisé possédant des propriétés phytoprotectrices et fongistatiques (Roy *et al.*, 1997). Les essais en phytoprotection ont permis de vérifier que le produit possédait les qualités recherchées (Labrie, 1999). Un suivi de

la microflore de ce compost a permis de constater qu'il y avait, comme prévu, une augmentation de la population d'actinomycètes dans le produit final (Leclerc, 1997). Le tout fut complété par une étude économique (Soucy *et al.*, 1998) et pédagogique (Leroux, 1997).

Les caractéristiques observées lors des premiers essais font de ce compost un produit unique. Il permet d'augmenter la qualité de l'environnement tout d'abord, en réduisant la pollution causée par les déchets d'invertébrés marins et en diminuant l'application de fongicides chimiques. Suite à ces constatations, une interrogation subsistait. Est-ce que le compost à base de carapaces de crevettes possède les propriétés fertilisantes attendues ?

Le but de cette recherche est de vérifier les propriétés fertilisantes d'un compost à base de résidus chitineux. La teneur en éléments minéraux du sol, des plants et des grains ainsi que différents paramètres physiques permettront de déterminer si l'application du compost affecte les propriétés physico-chimiques des sols et le rendement des cultures végétales. De plus, il est bien établi que l'incorporation de compost à base de résidus marins engendre l'ajout d'une microflore exogène ce qui entraîne des changements microbiens du sol. Ainsi, un suivi de la population microbienne dans sol permettra de vérifier l'effet de l'amendement chitineux sur la microflore. Le suivi de la flore microbienne se fera par l'entremise du dénombrement des bactéries totales, des bactéries chitinolytiques, des actinomycètes ainsi que des champignons.

CHAPITRE I

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1 Dispositif expérimental des essais en serre et en champs

1.1.1 Essais en serre

Au cours de l'essai en serre, l'effet de l'application de différents composts sur le rendement de deux cultures végétales, sur la microflore des sols ainsi que sur les propriétés physico-chimiques des sols a été déterminé. Les cultures végétales ayant servi à cet essai sont une céréale, l'orge (*Hordeum vulgare l. variété Nadia*) et une légumineuse, le soya (*Glycine max. Merr. variété Vision*). Les composts ont été fabriqués en collaboration avec le Centre de Recherche Industrielle du Québec, à Ste-Foy. La première formulation de compost utilisée lors de cet essai est composée de fumier de bovins, de tourbe et de sciures de résineux (FTS) en proportion 1:1:1. La seconde formulation est produite à partir d'un mélange de carapaces de crevettes, de tourbe et de sciures en proportion 1:2:2 (CT₂S₂). Ces composts ont tous deux été amendés de 30 % (poids sec/poids sec) de carapaces de crevettes après 20 jours de maturation. Pour chacune des formulations de composts deux degrés de maturation ont été retenus après l'ajout des carapaces de crevettes soit 10 jours et 30 jours pour le FTS et 15 jours et 30 jours pour le CT₂S₂. Les doses de composts appliquées pour les essais ont été déterminées à partir des recommandations du Conseil de Production Végétale du Québec en se basant sur les exigences de la culture en phosphore et de la teneur en éléments minéraux contenus dans le sol et les composts. Le premier traitement correspondait à la dose recommandée pour atteindre les demandes de la plante en phosphore, soit la dose 100%. Pour

ce traitement, les besoins de la plante en azote et en potassium ont été complétés par un engrais minéral afin que ces éléments ne soient pas un facteur limitant à la croissance des plantes. Le second traitement correspondait à la dose 50 %, c'est-à-dire, la moitié du phosphore provenait du compost et les exigences de la plante en phosphore, azote et potassium étaient complétées par un fertilisant chimique. Le dernier traitement pour sa part est en fait le même traitement que le précédent à l'exception que les exigences en phosphore n'ont pas été complétées ; il correspond au traitement 50 % moins engrais (50%-E). Les différentes cultures ont été comparées à deux groupes témoins. D'abord à une première série de témoins fertilisés à l'engrais chimique (Témoin 100 % et Témoin 50 %) alors que la seconde ne contenait ni engrais chimique ni compost (Témoin 0 %). De plus, deux types de sols différents ont été testés soit un sol léger, nommé Greensboro, et un argileux, le Ste-Rosalie. Chacun des traitements fut disposé de façon aléatoire et 4 réplicats ont été effectués. Les essais ont été réalisés dans des serres, à la Station de Recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (Lennoxville), dans des pots standards de 6 pouces de diamètre. Les conditions de croissance furent optimales c'est-à-dire, 16 heures de photoluminescence assurées par des lampes de sodium et un contrôle de la température de façon à la maintenir à 26°C de jour et à 18 °C la nuit. Les plants furent arrosés tous les deux à trois jours.

1.1.2 Essais en champs :

En ce qui a trait aux essais à grande échelle effectués en champs, un seul type de compost a été testé soit le FTS. Les cultures végétales utilisées étaient les mêmes que celles utilisées lors des essais en serre soit, l'orge et le soya. Pour chaque culture, le dispositif expérimental était 3 répétitions de chaque traitement disposés de façon aléatoire. Les parcelles utilisées avaient une surface de 5,4 m². L'impact agronomique de l'application de composts chitineux fut déterminé par le biais de deux années d'expérimentation. Le premier essai, effectué à l'été 1997, fut basé sur l'étude du compost FTS amendé de 30 % de carapaces de crevettes et

possédant deux degrés de maturation soit le FTS-10 jours et le FTS-30 jours. Pour ce qui est du deuxième essai, effectué à l'été 1998, les composts utilisés étaient de type FTS, mais avaient un amendement en carapaces de crevettes de 15 % pour le FTS-15% et de 30% pour le FTS-30%. Le degré de maturité de ces deux composts était de 30 jours après l'ajout des résidus chitineux. Les doses de composts utilisées pour l'application en champs étaient basées sur les exigences des cultures en phosphore. Les traitements effectués correspondent à 100% et à 50% des exigences de la plante en phosphore. Pour le traitement 100%, l'azote et le potassium ont été complétés par un engrais chimique, alors que pour le traitement 50% le phosphore a aussi été complété. Un autre traitement correspond à 50% des demandes de la plante en phosphore mais seul l'azote et le potassium ont été complétés ; il s'agit du traitement 50% moins engrais (50%-E). Finalement, lors de l'essai qui a eu lieu à l'été 1998, un nouveau traitement a été ajouté pour la culture d'orge. Ce traitement correspondait à la dose 100% en phosphore fourni par le compost, mais aucun engrais chimique n'a été ajouté (100% moins engrais, c'est-à-dire 100%-E). Tous ces traitements furent comparés à des parcelles témoins où le compost avait été remplacé par un fertilisant azoté utilisé selon les normes du C.P.V.Q. Les parcelles témoins négatifs ne contenaient ni engrais ni compost.

1.2 Effet du compost sur le rendement des cultures végétales

Tout au long de la croissance des plants, différentes données sont recueillies afin de déterminer si l'ajout du compost a un effet sur la croissance des plants. L'effet du compost sur le rendement des cultures végétales peut d'abord être noté par l'observation des différents paramètres physiques. Ainsi, pour les cultures d'orge, le nombre de plants par mètre carré, le moment de l'épiaison et le nombre de jours pour atteindre la maturité ont été notés. Pour ce qui est du soya, le nombre de plants par mètre carré, le moment de floraison et le nombre de jours à maturité sont des données utiles pour vérifier si l'amendement affecte leur croissance. Une fois la maturité des cultures atteinte, la hauteur moyenne des plants est déterminée. Par la

suite, les plants sont récoltés et préparés afin de procéder aux différentes analyses. La croissance des plants d'orge est terminée lorsque les plants sont secs. Normalement, la maturité est atteinte autour du jour 90. En ce qui a trait au soya, le temps de la récolte est associé au brunissement et à la chute des feuilles, c'est-à-dire autour du jour 120. Les échantillons récoltés sont ensuite séchés à 30 °C pour une période minimale de 24 heures. Une fois les plants secs, ils sont soumis à l'étape de battage qui consiste à séparer les grains des plants. Plusieurs données sont notées à cette étape soit: le poids total des grains (g), le poids au 1000 grains (g), la densité des grains exprimée en kg/hl et le rendement, qui représente la production des grains (kg) par surface de récolte (ha). La dernière étape de préparation des échantillons, le moulage, permet de broyer tous les échantillons de grains ou de paille afin de poursuivre les analyses physico-chimiques soit, le contenu en azote, en phosphore et en potassium des plants et des grains.

1.3 Effet du compost sur le contenu en éléments minéraux des plants et des grains

Les échantillons moulus à 1 mm sont soumis à une analyse des éléments minéraux. Pour chacun des traitements, la teneur en azote total, en phosphore total et en potassium est déterminée et ce, pour les plants et les grains.

1.3.1 Analyse de la teneur en azote total et en phosphore total

La méthode utilisée pour l'extraction et le dosage de l'azote total et du phosphore total est celle de Isaac *et al.* (1976). Les échantillons, préalablement séchés et moulus à 1 mm sont pesés à raison de 0,25 g dans un tube de verre de type BD-40. Deux tiges de verres sont placées dans ces tubes afin d'éviter la formation de mousse. Un volume de 7 ml d'une solution de digestion

est distribué dans chacun des tubes. Cette solution est composée de 9 l de H₂SO₄ concentrée auquel sont ajoutés 97 g de H₂SeO₃ dissouts dans 100 ml d'eau. Délicatement, 3 ml de H₂O₂ (30%) sont ajoutés. Les tubes sont placés dans des blocs à digestion (de type BD 40) 1 heure à 200°C, suivi d'une montée graduelle de la température jusqu'à 400°C puis, cette température est maintenue 1 heure. Une fois la digestion terminée, les tiges de verres sont enlevées et les tubes sont complétés à 100 ml avec de l'eau. Les digestats sont ensuite agités par inversion. La fraction supérieure est recueillie dans un tube de 50 ml pour le dosage. Le dosage est effectué grâce à un spectrophotomètre automatique, le Technicon (C.P.V.Q., 1993 ; Technicon instrumental corporation, 1974). Trois solutions sont utilisées pour le dosage de l'azote et du phosphore total. La première est le mélange complexant composé de 28 g de NaOH, 5 g de sel disodique de EDTA (Na₂ EDTA) et 50 g de KNaC₄H₄O₆ ·H₂O dans 1 l d'eau. La seconde solution, le phénol alcalin, est composée de 200 g de NaOH dilué dans 500 ml d'eau auquel 276 g de phénol sont ajoutés et la solution est complétée à 1 l. La dernière solution nécessaire à cette analyse est la solution de NaOCl 5.25 %. Les standards utilisés pour établir les courbes de référence de l'azote et du phosphore sont le (NH₄)SO₄ et le K₂HPO₄. Ces standards ont subi le même traitement que les échantillons, c'est-à-dire une digestion à l'acide.

1.3.2 Analyse de la teneur en potassium

L'extraction de cet élément est possible grâce à une digestion à l'acide perchlorique et l'acide nitrique (Walsh, 1971). La technique consiste à peser 0,25 g de l'échantillon dans un tube de type BD-40 et d'ajouter 5 ml de la solution de digestion composée d'acide perchlorique (HClO₄) et d'acide nitrique (HNO₃) à 70% en proportion 1:5. Les tubes sont placés 2 heures à 120°C dans les blocs à digestion de type BD-40 puis la température est graduellement augmentée à 180°C et maintenue pour une période de 3 heures. Une fois la digestion terminée, le tube est complété à 25 ml. Les échantillons sont ensuite dosés par le

spectrophotomètre d'absorption atomique (Walsh, 1971). Une solution de KCl à concentration connue est utilisée pour établir la courbe de référence.

1.4 Effet du compost sur les propriétés physico-chimiques du sol

Des échantillons de sol sont prélevés au moment de la récolte des cultures. L'échantillonnage a été effectué à une profondeur de 20 cm à 5 endroits dans la parcelle. Ils sont ensuite séchés à l'étuve à une température de 70°C pendant 24 heures puis broyés à 1 et 2 mm. Pour vérifier l'effet de l'application de composts sur les propriétés physico-chimiques du sol, les paramètres suivant ont été étudiés : le pH, le contenu en matière organique, la masse volumétrique apparente, la capacité de rétention d'eau, la capacité d'échange cationique et la teneur en azote, en phosphore et en potassium.

1.4.1 Analyse du pH du sol

Le pH des échantillons de sol est déterminé selon la méthode proposée par le C.P.V.Q. (1988). Dix grammes de sol préalablement broyé à 2 mm, sont mélangés à 10 ml d'eau. Les tubes sont agités toutes les 5 min pendant 30 min. Le pH est déterminé à l'aide d'un pHmètre (modèle Accumet, pH meter 910) .

1.4.2 Analyse de la matière organique du sol

La matière organique volatile contenue dans le sol est déterminée par la méthode de la perte au feu (Bell , 1964 ; C.P.V.Q., 1988). Les échantillons préséchés à 105°C sont pesés et calcinés

au four à 375 °C pendant 16 heures. Ils sont ensuite refroidis dans un dessiccateur et les cendres sont pesées. La perte au feu, représentant le contenu en matière organique se calcule comme suit:

$$\% \text{ matière organique} = \left(1 - \frac{\text{Poids des cendres (375 °C)}}{\text{Poids sec du sol (105°C)}} \right) \times 100$$

1.4.3 Analyse de la masse volumétrique apparente

La masse volumétrique apparente est déterminée en prélevant un échantillon de sol à une profondeur de 0 à 20 cm à l'aide d'un cylindre métallique dont le volume est connu. Le sol est ensuite séché à 70°C pour une durée de 24 heures. La masse volumétrique apparente est exprimée en gramme de sol sec par volume (cm³).

1.4.4 Analyse de la capacité de rétention d'eau

La capacité de rétention en eau est déterminée par le pourcentage d'eau retenu par les colloïdes du sol suite à une pression de 1/3 atmosphère (253,3 mm de Hg). Pour effectuer ce test, un échantillon de sol humidifié est déposé sur une plaque de porcelaine. Cette plaque est ensuite placée dans un réservoir où une pression de 1/3 atmosphère est appliquée. L'échantillon est ensuite pesé puis séché à 70°C. Le pourcentage d'humidité est déterminé pour chacun des échantillons.

1.4.5 Analyse de la capacité d'échange cationique

Dans les sols, les cations sont retenus par les charges négatives développées sur la surface des colloïdes argileux et organiques. La capacité d'échange cationique est donc la somme des

sites d'échange occupés par ces cations exprimés en milliéquivalents par 100 g de sol. Pour déterminer la C.E.C., 25 g de sol, broyé à 2,0 mm, sont placés dans un erlenmeyer de 250 ml et 50 ml de NH_4Ac (1 N, pH 7) sont ajoutés. Les erlenmeyers sont agités 15 min, sur un agitateur rotatif à une vitesse de 120 oscillations/min. Après 16 heures de décantation, le contenu est filtré par succion sur un filtre Whatman #42 de 9 cm à l'aide d'un entonnoir de type "Buchner". L'échantillon est ensuite rincé avec de petites quantités de NH_4Ac (1 N, pH 7) afin d'obtenir un volume de 200-250 ml. Ce lavage est répété 4 fois, mais en utilisant une solution 1 N de NH_4Cl , et finalement 1 fois avec une solution de NH_4Cl (0,25 N). Les échantillons sont ensuite lavés avec 225 ml d'alcool isopropylique. Le papier filtre est récupéré et placé dans un erlenmeyer de 250 ml. Cent ml de KCl (1N) sont ajoutés et le tout est agité 1 heure. La solution d'ammoniacque est récupérée dans un erlenmeyer de 125 ml en filtrant par gravité sur un papier filtre de type Whatman #40 de 15 cm. Le NH_4 est alors dosé à l'aide du Kjeltex. Les calculs de la capacité d'échange cationique sont effectués selon la méthode de Jackson (1958) et les résultats sont exprimés en milliéquivalents (meq) par 100 g de sol sec.

1.4.6 Analyse de la teneur en azote total des échantillons de sol

L'extraction de l'azote des échantillons de sol se fait selon la méthode de G.E. Schuman *et al.* (1973). Cinq cent mg de sol, broyé à 2 mm, sont mélangés à 3,5 g d'une préparation de 96% de K_2SO_4 , 3 % de CuSO_4 et 1 % de prumice. La digestion est assurée par l'ajout de 10 ml de H_2SO_4 concentrée. Trois ml de H_2O_2 (30 %) sont aussi ajoutés afin de faciliter la digestion de la matière organique et empêcher la formation de mousse. Les tubes sont placés dans les blocs à digestion BD-40 préchauffés à 100°C ; la température est graduellement augmentée à 375°C. Cette température est maintenue pour une période de 2 ½ heures. Une fois les tubes refroidis, le volume de ceux-ci est complété à 75 ml. La teneur en azote est déterminée par une analyse au spectrophotomètre automatique (Technicon). Les solutions utilisées pour le dosage sont

identiques à celles utilisées lors du dosage de l'azote pour les tissus végétaux (c.f. 1.3.1) Le standard utilisé pour établir la courbe standard est une solution de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

1.4.7 Analyse de la teneur en nitrate et en azote ammoniacal du sol

L'extraction du nitrate et de l'azote ammoniacal du sol est effectuée à partir de la méthode de Carter (1993). Un poids de 5 g de sol sec a été déposé dans un erlenmeyer de 125 ml. Un volume de 50 ml d'une solution de KCl 2,0 M est ajouté. Le mélange est agité pour une période de 30 min à 120 oscillations/min. Une filtration sur papier Whatman # 40 de 15 cm permet de recueillir la fraction liquide contenant les nitrates et l'azote ammoniacal. Les nitrates et l'ammoniaque sont dosés par la méthode du spectrophotomètre automatique (Technicon). Les solutions de dosage utilisées pour les nitrates sont le réactif chromogénique (100 ml de H_3PO_4 , 10 g de sulfanilamines, 0,5 g de réactif de Marshal, 0,5 ml de Brij dans 1 l d'eau) et une solution de NH_4Cl (10 g par litre d'eau). Le réactif chromogénique utilisé pour le dosage de l'azote ammoniacal est composé de 33 g de potassium sodium tartrate et de 24 g de citrate de sodium par litre d'eau (pH de 5). Les autres solutions employées pour le dosage de l'azote ammoniacal sont : le phénol alcalin (83 g de phénol est dissout dans 50 ml d'eau, 180 ml de NaOH (2% (p/v)) sont ajoutés et la solution est complétée à 1 L), une solution d'hypochlorite de sodium (5,25 %) et une solution de nitroprusside de sodium (0,5 g de nitroprusside de sodium pour 1 litre d'eau). Les standards utilisés sont des solutions de KNO_3 et de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

1.4.8 Analyse de la teneur en phosphore total du sol

L'extraction du phosphore contenu dans le sol est effectuée à partir de la méthode décrite par Olsen et Sommers (1982). Un gramme de sol sec est placé dans un tube de verre de 100 ml.

Un volume de 10 ml de HNO₃ concentrée est ajouté. Les tubes sont vortexés puis incubés à 130 °C dans un bloc de digestion de type BD-40 pour une période de 4 heures. Les tubes sont refroidis à la température ambiante, puis 15 ml de HClO₄ sont ajoutés sous la hotte. Les tubes sont replacés dans les blocs à digestion pour 20 min à une température de 200°C. Les tubes sont complétés à 100 ml avec de l'eau distillée. Le phosphore total est déterminé dans le surnageant par une méthode spectrophotométrique (Tandon, 1968). Le dosage s'effectue en aliquotant 10 ml du surnageant. Le développement de la couleur est obtenu suite à l'ajout de 30 ml d'eau et de 10 ml de réactif de vanadomolybdate. Ce réactif est composé de 25 g d'ammonium molybdate et de 1,25 g d'ammonium métavanadate pour un litre d'eau. Le dosage s'effectue à une longueur d'onde de 420 nm. La courbe standard est effectuée à partir d'une solution de K₂HPO₄.

1.4.9 Analyse de la teneur en phosphore libre

L'extraction du phosphore libre est effectuée grâce à la solution extractive Mehlich III (Mehlich, 1984). Cette solution est composée de 200,1 g de NH₄NO₃ dilué dans 8 l d'eau auquel sont ajoutés 100 ml d'une solution mère de NH₄F / EDTA (55,56 g de NH₄F et 29,23 g EDTA dans 1 l d'eau), 115 ml d'acide acétique glacial et 82 ml de HNO₃ (10 % v/v). La solution est complétée à 10 l avec de l'eau déionisée et bien mélangée. Pour l'extraction du phosphore, 3 g de sol broyé à 2,0 mm sont placés dans une fiole. Trente ml de la solution extractive Mehlich III sont ajoutés. Le mélange est agité 5 min à 120 oscillations/min, puis filtré sur un papier Whatman #40 de 15 cm. Le filtrat est recueilli et dosé au spectrophotomètre suite à une réaction colorimétrique. Quatre ml du filtrat est dilué avec 10 ml d'eau puis, 3 ml de la solution de coloration sont ajoutés. Cette solution est composée de 125 ml de H₂SO₄ (4N), de 37,5 ml d'une solution d'ammonium molybdate (20 g dans 500 ml d'eau distillée), de 12,5 ml d'antimoine potassium tartrate (1,5 g dans 500 ml d'eau distillée) et de 250 ml d'acide ascorbique (18 g d'acide ascorbique dissouts dans 50 ml acétone puis

complété à 1 litre avec de l'eau distillée). Le mélange est vortexé, puis dosé au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 882 μm après un temps de réaction de 10 min. La courbe standard est obtenue à partir d'une solution de KH_2PO_4 de concentration connue. Le filtrat qui est recueilli lors de l'extraction servira aussi au dosage du potassium.

1.4.10 Analyse de la teneur en potassium

L'extraction du potassium est effectuée grâce à la solution extractive Mehlich III tel que vu lors de l'extraction du phosphore libre dans le sol (c.f. 1.4.9). Le dosage est effectué par absorption atomique (Walsh, 1971). Le KCl a servi de standard pour établir la courbe de référence.

1.5 Analyse de l'effet du compost sur la microflore du sol

L'étude des microorganismes du sol est effectuée à partir d'échantillons prélevés lors de la croissance végétale à trois temps différents soit au moment de l'ajout de compost, à la microcroissance des cultures et à la récolte. Les échantillons de sol utilisés pour l'analyse sont prélevés dans les 5 premiers cm et sont composés de 3 sous-échantillons pour les essais en pot et de 5 pour les essais en champs. Ces sous-échantillons sont homogénéisés et forment l'échantillon analysé. De cet échantillon, 1 g est séché à 50°C afin de déterminer le pourcentage d'humidité contenu dans le sol et 1 g est utilisé pour le décompte des microorganismes par la méthode de dénombrement sur boîtes de pétri. L'échantillon de sol est dilué dans un tampon pyrophosphate de sodium décahydrate ($\text{NH}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) à 10mM, puis 100 μl de ces dilutions sont étalés sur un milieu spécifique au groupe de microorganismes recherchés. Les pétris sont incubés à 30°C pour une période de 2 à 5 jours selon les

microorganismes étudiés. Par la suite, le nombre d'unités formatrices de colonies est déterminé et converti en UFC par gramme de sol sec. Les différents microorganismes étudiés sont les bactéries totales, les bactéries chitinolytiques, les actinomycètes ainsi que les champignons. Le premier milieu de culture utilisé est un milieu riche, le «nutrient agar» (NA). Ce milieu est non-spécifique et permet la croissance d'un grand nombre de microorganismes. Il est utilisé pour faire le suivi du nombre de bactéries totales dans le sol. Le second milieu utilisé est un milieu minimum, c'est-à-dire un milieu de base incluant certains minéraux, ayant comme seule source de carbone la chitine. Ce milieu est composé de 1 g de K_2HPO_4 , de 0,5 g de $MgSO_4$, de 0,5 g de KCl, de 0,01 g de $FeSO_4$, de 15 g d'agar et de 10 g de chitine broyée par litre d'eau. Sur ce milieu, seuls les microorganismes pouvant dégrader la chitine vont croître. Il est aussi possible d'effectuer le suivi de la population des actinomycètes en utilisant un milieu spécifique, le milieu d'isolement pour actinomycètes (Actinomycete Isolation Agar). Finalement, le milieu PDA (Potatoe Dextrose Agar), sélectif grâce à son pH de 4, permet d'effectuer un suivi de la population fongique du sol.

1.6 Analyses statistiques

Tous les résultats obtenus ont été analysés statistiquement. Une analyse de variance ANOVA entre les différents traitements par le programme SAS Statistical Software (SAS Institute Inc., 1984) a été effectuée afin de déterminer l'effet des traitements sur les paramètres observés. Le test de Duncan a permis de vérifier quel traitement donnait une différence statistiquement différente des autres traitements à un niveau α de 0,05.

CHAPITRE II

RÉSULTATS

2.1 Essai en serre :

Les résultats obtenus en serre vont permettre tout d'abord de vérifier l'effet de l'application de composts à base de carapaces de crevettes sur le développement des cultures végétales et sur les propriétés du sol. Les deux types de composts utilisés sont le FTS et le CT₂S₂ tel que décrit dans la section des méthodes. Cet essai permet entre autre de vérifier l'effet de la formulation et du degré de maturité du compost, ainsi que du type de sol utilisé.

2.1.1 Effet des composts sur le rendement des cultures végétales

Les tableaux 1 à 4 présentent les résultats obtenus selon la culture et le type de sol utilisé. Les observations effectuées en sol léger pour la culture d'orge (Tableau 1) tendent à démontrer que la formulation de type FTS confère de meilleurs résultats en ce qui a trait à la production de grains et à la hauteur des plants. Les traitements les moins favorables sont le témoin négatif ainsi que les traitements où l'amendement en compost moins mature a été effectué, c'est-à-dire le FTS 10 jours et le CT₂S₂ 15 jours. Ces observations sont particulièrement prononcées pour les doses 50 %. Pour la culture de soya en sol léger (Tableau 2), le compost de type FTS est aussi le traitement le plus favorable à la production de grains et au développement des plants. Toutefois, malgré la tendance, ces résultats sont statistiquement non-différents des autres traitements.

Tableau 1. Effet des différents composts sur les propriétés physiques de l'orge en sol léger

Traitement	Dose* (%)	Nombre d'épis	Poids des épis (g)	Nombre de grains	Poids des grains (g)	Hauteur moyenne (cm)	Poids aérien (g)
CT ₂ S ₂ -30 jrs	100	2,50 a	1,68 ab	38,3 ab	1,23 ab	51,9 ab	2,61 ab
CT ₂ S ₂ -30 jrs	50	3,75 a	1,06 ab	19,5 cde	0,63 ab	50,1 ab	2,03 bc
CT ₂ S ₂ -15 jrs	100	2,00 a	1,80 ab	31,0 abc	1,26 ab	57,0 ab	2,80 ab
CT ₂ S ₂ -15 jrs	50	2,50 a	0,78 b	15,3 de	0,47 b	53,8 ab	2,42 abc
FTS-30 jrs	100	2,50 a	2,41 a	42,5 a	1,83 a	60,8 a	3,02 ab
FTS-30 jrs	50	2,25 a	1,41 ab	25,3 cde	1,04 ab	52,8 ab	2,48 abc
FTS-10 jrs	100	2,25 a	1,83 ab	29,8 abc	1,26 ab	60,8 a	3,17 a
FTS-10 jrs	50	2,25 a	0,82 b	9,0 e	0,39 b	54,1 ab	2,72 ab
Témoin	100	2,50 a	1,54 ab	27,8 bcd	1,04 ab	55,9 ab	2,44 abc
Témoin	50	2,25 a	1,01 ab	15,0 de	0,63 ab	56,0 ab	2,15 abc
Témoin	0	1,75 a	0,54 b	8,0 e	0,31 b	44,8 b	1,57 c

CT₂S₂: compost de crevettes/sciures/fumier en proportion 1:2:2

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Témoin: fertilisé à l'engrais minéral

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Tableau 2. Effet des différents composts sur les propriétés physiques du soya en sol léger

Traitement	Dose* (%)	Nombre de gousse	Nombre de grains	Poids des grains (g)	Hauteur moyenne (cm)	Poids aérien (g)
CT ₂ S ₂ -30 jrs	100	2,50 a	2,50 a	0,50 ab	38,8 a	1,21 b
CT ₂ S ₂ -30 jrs	50	2,25 a	2,25 a	0,48 ab	54,8 a	1,53 ab
CT ₂ S ₂ -15 jrs	100	2,50 a	2,50 a	0,55 ab	44,8 a	1,51 ab
CT ₂ S ₂ -15 jrs	50	2,25 a	2,75 a	0,71 ab	46,9 a	1,41 ab
FTS-30 jrs	100	3,00 a	4,00 a	0,79 a	56,1 a	1,93 ab
FTS-30 jrs	50	2,75 a	3,00 a	0,78 a	34,9 a	1,56 ab
FTS-10 jrs	100	2,75 a	3,00 a	0,62 ab	51,4 a	2,14 a
FTS-10 jrs	50	2,50 a	2,50 a	0,60 ab	39,1 a	1,43 ab
Témoin	100	2,75 a	3,00 a	0,64 ab	41,8 a	1,59 ab
Témoin	50	2,50 a	2,50 a	0,46 ab	43,3 a	1,40 ab
Témoin	0	2,00 a	2,00 a	0,35 b	44,3 a	1,31 b

CT₂S₂: compost de crevettes/sciures/fumier en proportion 1:2:2

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Témoin: fertilisé à l'engrais minéral

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Un patron quelque peu différent est observé pour les résultats obtenus en sol argileux. Dans ce cas-ci, les propriétés physiques de l'orge (Tableau 3) ont été favorisées par l'ajout du compost de type CT₂S₂. On remarque que le poids des épis, le nombre de grains et la hauteur des plants sont significativement plus élevés suite à l'ajout de compost de type CT₂S₂ comparativement aux traitements où le sol est amendé de compost FTS. Le degré de maturation des composts n'affecte pas la croissance et le rendement des cultures puisque des résultats comparables sont observés quelque soit le type de formulation de compost employé. Pour la culture de soya (Tableau 4), tous les résultats sont comparables entre eux et aucune différence significative n'est observée.

Tableau 3. Effet des différents composts sur les propriétés physiques de l'orge en sol argileux

Traitement	Dose* (%)	Nombre d'épis	Poids des épis (g)	Nombre de grains	Poids des grains (g)	Hauteur moyenne (cm)	Poids aérien (g)
CT ₂ S ₂ -30 jrs	100	2,00 a	2,82 a	57,0 a	2,20 a	71,1 a	2,68 abc
CT ₂ S ₂ -30 jrs	50	2,00 a	2,21 abc	43,3 ab	1,70 abc	69,6 ab	2,31 bc
CT ₂ S ₂ -15 jrs	100	3,00 a	2,73 a	57,0 a	2,05 ab	66,3 ab	3,58 a
CT ₂ S ₂ -15 jrs	50	2,25 a	2,77 a	57,8 a	2,15 ab	65,0 abc	2,72 abc
FTS-30 jrs	100	3,00 a	2,55 abc	43,5 ab	1,88 ab	66,4 ab	3,43 ab
FTS-30 jrs	50	2,00 a	1,76 c	30,0 b	1,13 c	63,2 bc	2,91 ab
FTS-10 jrs	100	2,00 a	2,27 abc	39,3 b	1,65 abc	64,7 abc	3,01 ab
FTS-10 jrs	50	2,00 a	1,91 bc	36,8 b	1,43 bc	66,1 ab	2,25 bc
Témoin	100	2,25 a	2,89 a	47,0 ab	2,10 ab	67,5 ab	3,83 a
Témoin	50	2,50 a	2,14 abc	37,5 b	1,45 bc	67,6 ab	3,18 ab
Témoin	0	2,75 a	1,90 bc	37,8 b	1,43 bc	58,3 cd	2,24 bc

CT₂S₂: compost de crevettes/sciures/fumier en proportion 1:2:2

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Témoin: fertilisé à l'engrais minéral

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Tableau 4. Effet des différents composts sur les propriétés physiques du soya en sol argileux

Traitement	Dose* (%)	Nombre de gousse	Nombre de grains	Poids des grains (g)	Hauteur moyenne (cm)	Poids aérien (g)
CT ₂ S ₂ -30 jrs	100	3,50 a	5,25 a	0,82 a	81,0 a	1,52 a
CT ₂ S ₂ -30 jrs	50	2,75 a	4,00 a	0,64 a	65,9 a	1,23 a
CT ₂ S ₂ -15 jrs	100	3,75 a	4,25 a	0,81 a	74,1 a	1,72 a
CT ₂ S ₂ -15 jrs	50	3,00 a	4,00 a	0,55 a	53,9 a	1,30 a
FTS-30 jrs	100	3,75 a	5,00 a	0,81 a	74,6 a	1,60 a
FTS-30 jrs	50	4,25 a	5,75 a	0,83 a	77,0 a	1,71 a
FTS-10 jrs	100	3,75 a	4,50 a	0,82 a	67,9 a	1,64 a
FTS-10 jrs	50	3,25 a	5,50 a	0,91 a	68,4 a	1,77 a
Témoin	100	3,00 a	4,75 a	0,63 a	79,3 a	1,70 a
Témoin	50	3,75 a	5,25 a	0,83 a	65,5 a	1,55 a
Témoin	0	3,50 a	5,00 a	0,75 a	64,8 a	1,45 a

CT₂S₂: compost de crevettes/sciures/fumier en proportion 1:2:2

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Témoin: fertilisé à l'engrais minéral

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

2.1.2 Effet des composts sur les propriétés physico-chimiques du sol

2.1.2.1 pH du sol

Le tableau 5 nous permet de vérifier l'effet des composts sur le pH des sols. Les variations en sol léger sont peu marquées soit un pH variant de 6,34 à 6,61 pour la culture d'orge et de 6,25 à 6,53 pour la culture de soya. En sol argileux, le pH se situe entre 7,17 et 7,36 pour l'orge et entre 7,03 et 7,30 pour le soya. La comparaison de ces résultats avec les différents témoins nous démontre une très faible variation non-significatives statistiquement. Ainsi, le pH n'est pas affecté par l'ajout de composts.

Tableau 5. Effet de l'amendement sur le pH des sols

Traitement	Dose* (%)	Sol léger (Greensboro)		Sol argileux (St-Rosalie)	
		pH Orge	pH Soya	pH Orge	pH Soya
CT ₂ S ₂ -30 jrs	100	6,45 a	6,41 ab	7,23 abc	7,13 abc
CT ₂ S ₂ -30 jrs	50	6,47 a	6,41 ab	7,26 abc	7,15 abc
CT ₂ S ₂ -15 jrs	100	6,41 a	6,28 b	7,21 bc	7,03 c
CT ₂ S ₂ -15 jrs	50	6,50 a	6,46 ab	7,28 abc	7,05 bc
FTS-30 jrs	100	6,61 a	6,53 ab	7,33 ab	7,28 a
FTS-30 jrs	50	6,57 a	6,53 ab	7,36 a	7,25 ab
FTS-10 jrs	100	6,34 a	6,30 b	7,30 abc	7,28 a
FTS-10 jrs	50	6,45 a	6,25 b	7,32 ab	7,30 a
Témoin	100	6,49 a	6,28 b	7,28 abc	7,14 abc
Témoin	50	6,40 a	6,48 ab	7,31 ab	7,24 ab
Témoin	0	6,53 a	6,88 a	7,17 c	7,20 abc

CT₂S₂: compost de crevettes/sciures/fumier en proportion 1:2:2

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Témoin: fertilisé à l'engrais minéral

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

2.1.2.2 Matière organique du sol

Les résultats obtenus pour le contenu en matière organique des sols (Tableau 6), avec ou sans amendement, ne varie pas selon une tendance générale. Il semble toutefois que le contenu en matière organique volatile est plus faible lors de l'amendement en compost de type FTS ayant 30 jours de maturation. En sol léger, les traitements ayant été amendés de compost ne sont pas différents des témoins fertilisés à l'engrais minéral. En sol argileux, le compost de type CT₂S₂ confère un contenu en matière organique significativement plus élevé que les traitements fertilisés à l'engrais chimique ou amendé de compost FTS.

Tableau 6. Effet de l'amendement sur le contenu en matière organique des sols

Traitement	Dose* (%)	Matière organique (%) Sol léger (Greensboro)		Matière organique (%) Sol argileux (St-Rosalie)	
		Orge	Soya	Orge	Soya
CT ₂ S ₂ -30 jrs	100	6,03 ab	6,44 ab	3,86 ab	4,32 ab
CT ₂ S ₂ -30 jrs	50	6,48 ab	5,92 bc	3,67 b	3,92 bcd
CT ₂ S ₂ -15 jrs	100	6,68 ab	6,43 ab	3,81 ab	4,43 a
CT ₂ S ₂ -15 jrs	50	6,33 ab	6,14 abc	4,00 a	4,05 abc
FTS-30 jrs	100	5,91 b	5,72 c	3,77 ab	3,76 cd
FTS-30 jrs	50	5,66 b	5,82 c	3,73 b	3,82 cd
FTS-10 jrs	100	7,24 a	6,45 ab	3,73 b	3,79 cd
FTS-10 jrs	50	6,40 ab	6,15 abc	3,70 b	3,62 cd
Témoin	100	6,49 ab	6,00 abc	3,62 b	3,66 cd
Témoin	50	6,34 ab	6,07 abc	3,73 b	3,53 d
Témoin	0	5,89 b	6,49 a	3,63 b	3,62 cd

CT₂S₂: compost de crevettes/sciures/fumier en proportion 1:2:2

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Témoin: fertilisé à l'engrais minéral

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

2.1.2.3 Éléments minéraux du sol

Aucune variation drastique n'est notée pour le contenu des éléments minéraux dans le sol suite à l'amendement. En sol léger, pour la culture d'orge (Tableau 7), on remarque une tendance pour que les composts ayant un degré de maturité moindre engendre une plus grande quantité d'éléments minéraux. Il est aussi très intéressant de remarquer, pour la teneur en phosphore total, que tous les traitements ayant été amendés de compost sont significativement différents du témoin zéro. De même, pour le contenu du sol en potassium, on constate que le compost FTS ayant 10 jours de maturation confère une plus grande teneur de cet élément comparativement à tous les autres traitements. Pour ce qui est de la culture de soya en sol léger (Tableau 8) on remarque que la teneur en azote ammoniacal et en nitrate est favorisée dans les sol amendés de compost CT₂S₂. Le contenu en phosphore total est aussi influencé par l'amendement en compost particulièrement pour les doses 100 % où la teneur est significativement plus élevée que celle du témoin fertilisé à l'engrais minéral (dose 100 %).

Tableau 7. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol pour la culture d'orge en sol léger

Traitement	Dose* (%)	Azote ammoniacal (ppm)	Nitrate (ppm)	Azote total (%)	Phosphore total (ppm)	Potassium (ppm)
CT ₂ S ₂ -30 jrs	100	4,88 abc	2,49 ab	0,259 a	14,00 abc	28,14 d
CT ₂ S ₂ -30 jrs	50	4,24 bcd	5,85 ab	0,256 a	11,61 bcd	27,03 d
CT ₂ S ₂ -15 jrs	100	5,31 ab	9,24 a	0,277 a	16,59 a	31,49 cd
CT ₂ S ₂ -15 jrs	50	5,18 ab	3,80 ab	0,264 a	12,91 bcd	33,54 bcd
FTS-30 jrs	100	3,96 cd	0,77 b	0,250 a	13,59 abc	40,33 bcd
FTS-30 jrs	50	4,37 bcd	4,04 ab	0,239 a	11,03 bcd	32,80 bcd
FTS-10 jrs	100	5,74 a	7,50 ab	0,312 a	14,27 ab	65,23 a
FTS-10 jrs	50	5,36 ab	6,97 ab	0,285 a	12,15 bcd	48,70 ab
Témoin	100	3,46 d	4,18 ab	0,223 a	11,77 bcd	40,34 bcd
Témoin	50	4,60 abcd	10,44 a	0,295 a	10,13 de	46,59 bc
Témoin	0	3,92 cd	3,93 ab	0,256 a	8,11 e	42,59 bcd

CT₂S₂: compost de crevettes/sciures/fumier en proportion 1:2:2

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Témoin: fertilisé à l'engrais minéral

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Tableau 8. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol pour la culture de soya en sol léger

Traitement	Dose* (%)	Azote ammoniacal (ppm)	Nitrate (ppm)	Azote total (%)	Phosphore total (ppm)	Potassium (ppm)
CT ₂ S ₂ -30 jrs	100	5,72 a	37,79 ab	0,291 a	16,45 ab	77,73 ab
CT ₂ S ₂ -30 jrs	50	4,29 abc	22,51 b	0,282 a	14,33 bc	63,60 ab
CT ₂ S ₂ -15 jrs	100	4,78 abc	62,52 a	0,287 a	18,84 a	64,57 ab
CT ₂ S ₂ -15 jrs	50	5,13 ab	25,91 b	0,272 a	16,19 ab	53,66 b
FTS-30 jrs	100	3,57 c	7,59 b	0,260 a	15,43 abc	63,61 ab
FTS-30 jrs	50	3,42 c	6,50 b	0,277 a	11,56 cd	76,34 ab
FTS-10 jrs	100	4,23 bc	17,21 b	0,291 a	17,53 ab	97,42 a
FTS-10 jrs	50	3,76 bc	6,60 b	0,287 a	14,87 bc	69,56 ab
Témoin	100	3,99 bc	15,92 b	0,264 a	11,97 cd	76,61 ab
Témoin	50	3,99 bc	5,64 b	0,265 a	9,46 d	48,88 b
Témoin	0	3,32 c	24,27 b	0,241 a	9,14 d	57,47 b

CT₂S₂: compost de crevettes/sciures/fumier en proportion 1:2:2

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Témoin: fertilisé à l'engrais minéral

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Les résultats en sol argileux quant à eux ne démontrent que peu de différences significatives. On remarque que le taux de phosphore contenu dans le sol pour la culture de l'orge (Tableau 9) est significativement plus élevé en présence de compost par rapport aux résultats obtenus lors de la fertilisation à l'engrais minéral. En ce qui a trait à la culture de soya (Tableau 10), il semble que l'ajout de compost augmente la teneur en phosphore total et que le compost de type CT₂S₂ confère une teneur en nitrate plus élevée. On remarque aussi que la teneur en azote ammoniacal est significativement plus élevée pour le traitement fertilisé à l'engrais minéral (dose 100 %).

Tableau 9. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol pour la culture d'orge en sol argileux

Traitement	Dose* (%)	Azote ammoniacal (ppm)	Nitrate (ppm)	Azote total (%)	Phosphore total (ppm)	Potassium (ppm)
CT ₂ S ₂ -30 jrs	100	2,79 a	11,08 a	0,189 a	16,41 a	136,16 a
CT ₂ S ₂ -30 jrs	50	3,00 a	13,92 a	0,172 a	12,15 b	139,46 a
CT ₂ S ₂ -15 jrs	100	2,75 a	12,55 a	0,175 a	16,48 a	133,44 a
CT ₂ S ₂ -15 jrs	50	2,84 a	11,48 a	0,161 a	11,97 b	133,63 a
FTS-30 jrs	100	2,98 a	13,20 a	0,179 a	17,62 a	135,43 a
FTS-30 jrs	50	3,32 a	16,56 a	0,177 a	12,52 b	139,24 a
FTS-10 jrs	100	3,12 a	15,69 a	0,168 a	17,68 a	135,94 a
FTS-10 jrs	50	3,64 a	14,76 a	0,177 a	11,57 b	134,57 a
Témoin	100	3,23 a	13,44 a	0,176 a	10,12 bc	133,42 a
Témoin	50	3,56 a	15,31 a	0,175 a	8,27 cd	136,88 a
Témoin	0	3,03 a	14,65 a	0,172 a	6,43 d	135,30 a

CT₂S₂: compost de crevettes/sciures/fumier en proportion 1:2:2

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Témoin: fertilisé à l'engrais minéral

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Tableau 10. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol pour la culture de soya en sol argileux

Traitement	Dose* (%)	Azote ammoniacal (ppm)	Nitrate (ppm)	Azote total (%)	Phosphore total (ppm)	Potassium (ppm)
CT ₂ S ₂ -30 jrs	100	4,33 b	24,71 abc	0,188 a	21,01 b	144,71 a
CT ₂ S ₂ -30 jrs	50	4,40 b	24,48 abc	0,174 a	13,69 cd	161,44 a
CT ₂ S ₂ -15 jrs	100	4,98 b	27,03 ab	0,180 a	24,85 a	141,38 a
CT ₂ S ₂ -15 jrs	50	5,15 b	35,84 a	0,181 a	16,43 c	144,64 a
FTS-30 jrs	100	4,71 b	18,49 bcd	0,175 a	26,33 a	150,53 a
FTS-30 jrs	50	3,93 b	11,35 bcd	0,181 a	16,24 c	144,40 a
FTS-10 jrs	100	4,31 b	15,83 bcd	0,179 a	23,63 ab	154,21 a
FTS-10 jrs	50	4,02 b	10,37 cd	0,178 a	15,30 c	174,77 a
Témoin	100	9,99 a	5,57 d	0,178 a	14,46 cd	148,63 a
Témoin	50	3,84 b	10,85 bcd	0,178 a	11,33 de	145,97 a
Témoin	0	4,13 b	10,14 cd	0,171 a	8,37 e	138,46 a

CT₂S₂: compost de crevettes/sciures/fumier en proportion 1:2:2

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Témoin: fertilisé à l'engrais minéral

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

2.1.3 Effet des composts sur les microorganismes du sol

Le suivi des microorganismes du sol lors des essais en serre a été effectué sur un seul type de sol, le Greensboro. Les bactéries totales étaient le premier groupe de microorganismes étudié (Figure 1). Pour la culture d'orge, au temps zéro, le nombre de bactéries totales est différent selon les traitements. Les traitements « Témoin 0 » et « FTS 30-100 % » sont significativement plus bas que les autres traitements. Le nombre de microorganismes s'est ensuite stabilisé et aucune différence significative n'est notée. Pour ce qui est de la culture de soya, le compte des bactéries totales a peu varié au cours de l'essai. Tous les traitements ont suivi une même tendance soit un compte d'environ 1×10^{13} UFC/g sec de sol au début suivi d'une diminution à environ 5×10^{11} UFC pour finalement se stabiliser. Aucune différence significative n'est observée. Le second groupe de microorganismes étudié étaient les bactéries chitinolytiques (Figure 2). Les résultats obtenus pour la culture

d'orge démontrent qu'au départ le nombre de bactéries dégradant la chitine était plus élevé pour les traitements « FTS 10-100 % » et « CT₂S₂ 30-100 % ». Les traitements ayant un nombre de bactéries chitinolytiques significativement plus bas sont : Témoin 0 et FTS 30-100 %. Le compte de ce type de bactéries s'est ensuite stabilisé au long de l'essai et aucune autre différence significative n'est notée. Pour ce qui est de l'essai avec la culture de soya, aucune différence significative n'a été observée et ce, quelque soit le moment de l'échantillonnage. Le nombre de bactéries chitinolytiques ne semble pas varier selon le traitement effectué. Le suivi des actinomycètes (Figure 3) pour la culture d'orge présente un patron différent des autres microorganismes présentés jusqu'ici. On remarque que le nombre d'actinomycètes est significativement inférieur dans les traitements « Témoin 100 » et « Témoin 0 ». Un patron semblable est aussi observé pour la culture de soya. On constate que le nombre d'actinomycètes tend à être plus bas pour ces deux traitements. Finalement, le suivi des champignons dans le sol (Figure 4) pour la culture d'orge démontre que le nombre a peu varié tout au long de l'essai. Le traitement « FTS 30-100 » tend à être plus élevé mais cette différence n'est pas significative. Pour ce qui est de la culture du soya, tous les traitements suivent une même tendance, soit une augmentation graduelle du décompte fongique en fonction du temps. Au moment de la récolte, seuls les traitements « Témoin 0 » et « FTS-10-100 » tendent à être plus bas.

2.2 Essais en champs (1^{er} essai)

Le type de compost utilisé pour le premier essai à grande échelle est la formulation FTS ayant deux degrés de maturations soit le FTS 10 jours et le FTS 30 jours. Les résultats de cet essai vont permettre de conclure quant à l'importance du temps de maturation des composts pour ce qui est du rendement des cultures végétales et des propriétés physico-chimiques du sol.

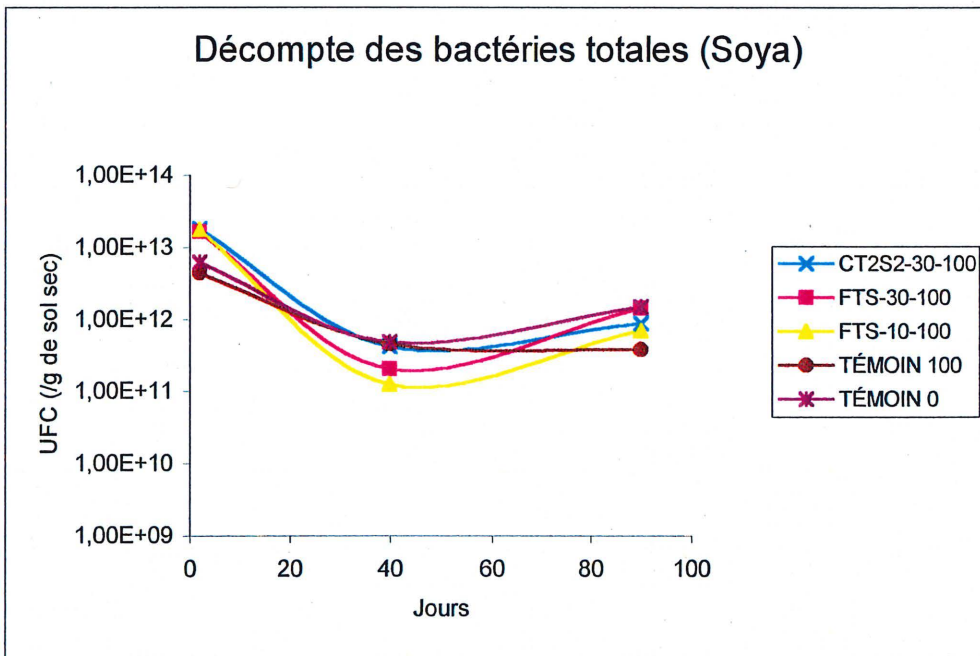
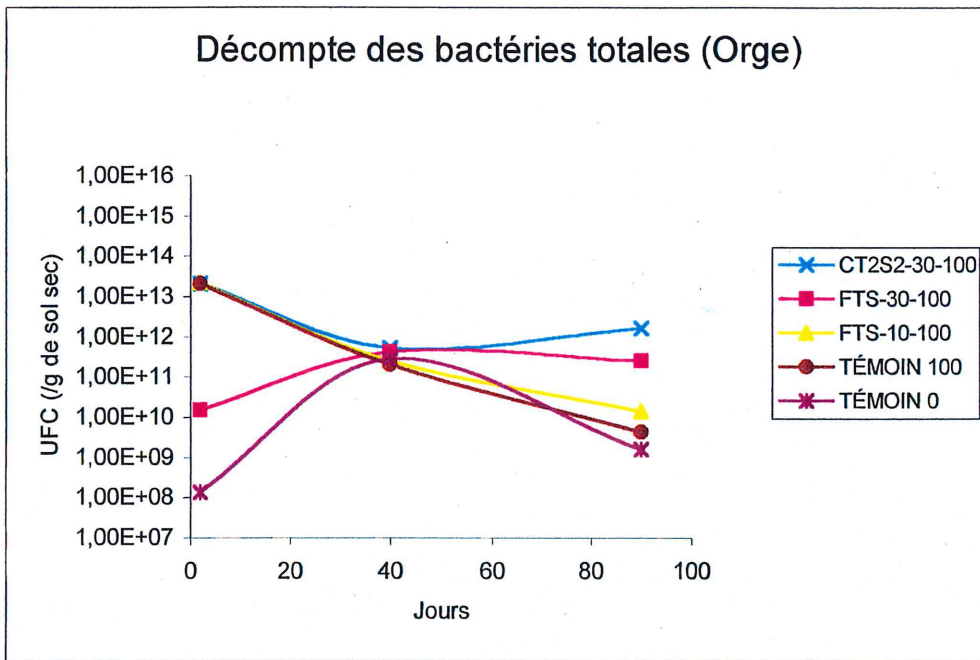


Figure 1. Décompte des bactéries totales lors des essais en serre pour le sol Greensboro en présence de compost de crevettes/tourbe/sciures (X CT₂S₂) ayant 30 jours de maturation et appliqué à une dose 100%; de compost de fumier/tourbe/sciures (■ FTS) ayant 30 jours de maturation et appliqué à une dose de 100 %; de compost de fumier/tourbe/sciures (▲ FTS) ayant 10 jours de maturation et appliqué à une dose de 100 %; de témoin fertilisé à l'engrais minéral (•) à une dose de 100 % et de témoin non-fertilisé (*).

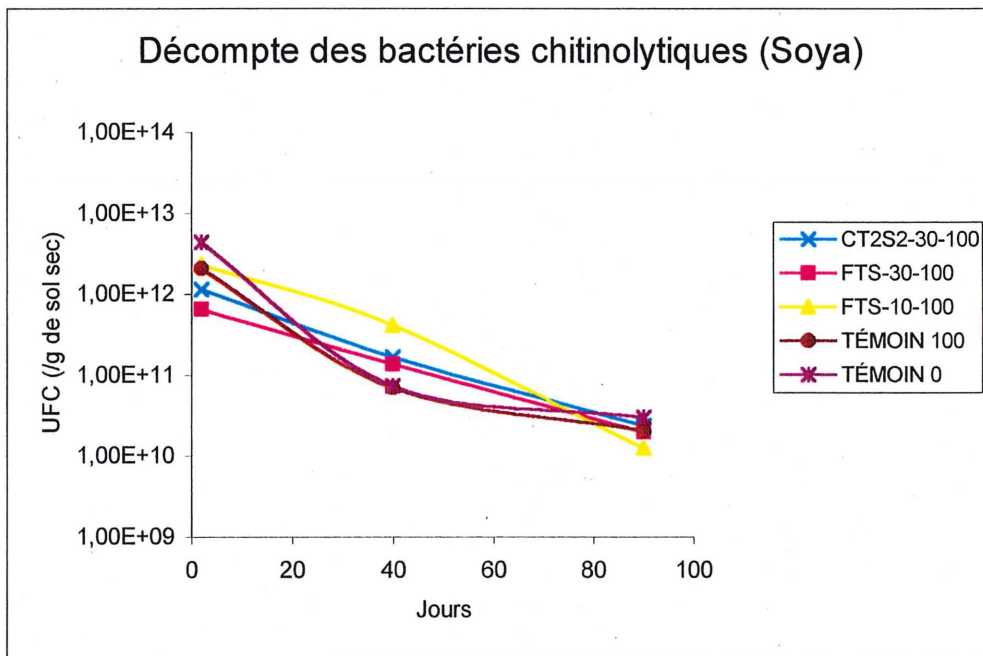
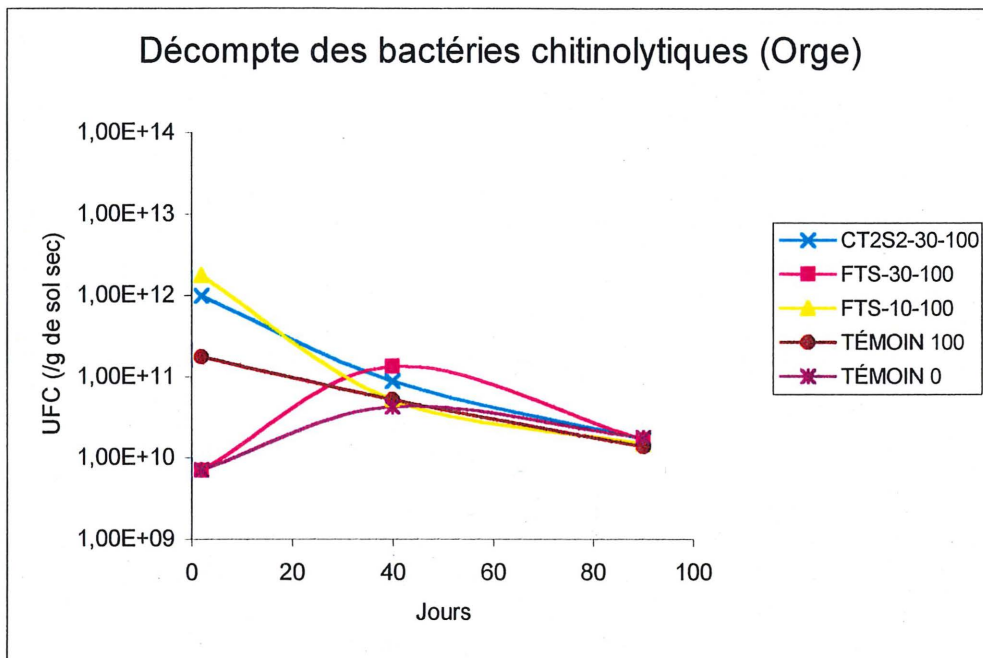


Figure 2. Décompte des bactéries chitinolytiques lors des essais en serre pour le sol Greensboro en présence de compost de crevettes/tourbe/sciures (X CT₂S₂) ayant 30 jours de maturation et appliqué à une dose 100%, de compost de fumier/tourbe/sciures (■ FTS) ayant 30 jours de maturation et appliqué à une dose de 100 %; de compost de fumier/tourbe/sciures (▲ FTS) ayant 10 jours de maturation et appliqué à une dose de 100 %; de témoin fertilisé à l'engrais minéral (•) à une dose de 100 % et de témoin non-fertilisé (*).

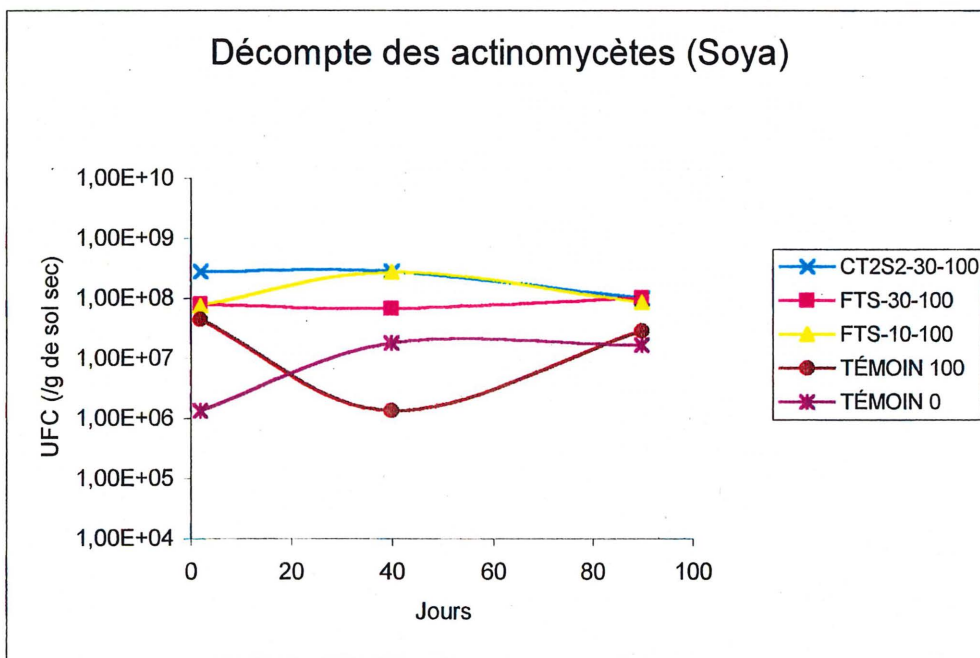
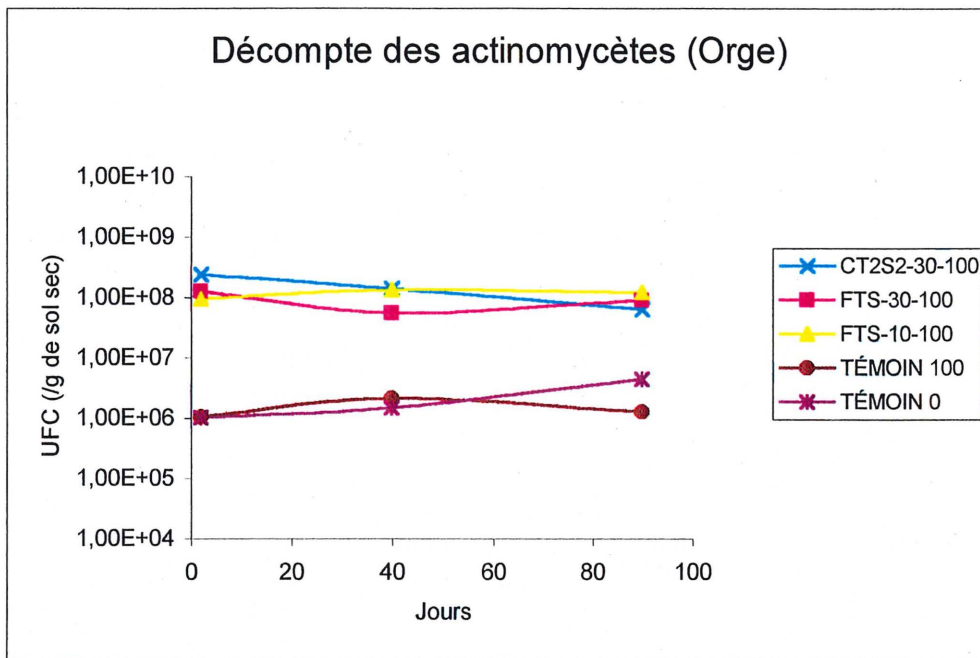


Figure 3. Décompte des actinomycètes lors des essais en serre pour le sol Greensboro en présence de compost de crevettes/tourbe/sciures (X CT₂S₂) ayant 30 jours de maturation et appliqué à une dose 100%; de compost de fumier/tourbe/sciures (■ FTS) ayant 30 jours de maturation et appliqué à une dose de 100 %; de compost de fumier/tourbe/sciures (▲ FTS) ayant 10 jours de maturation et appliqué à une dose de 100 %; de témoin fertilisé à l'engrais minéral (•) à une dose de 100 % et de témoin non-fertilisé (*).

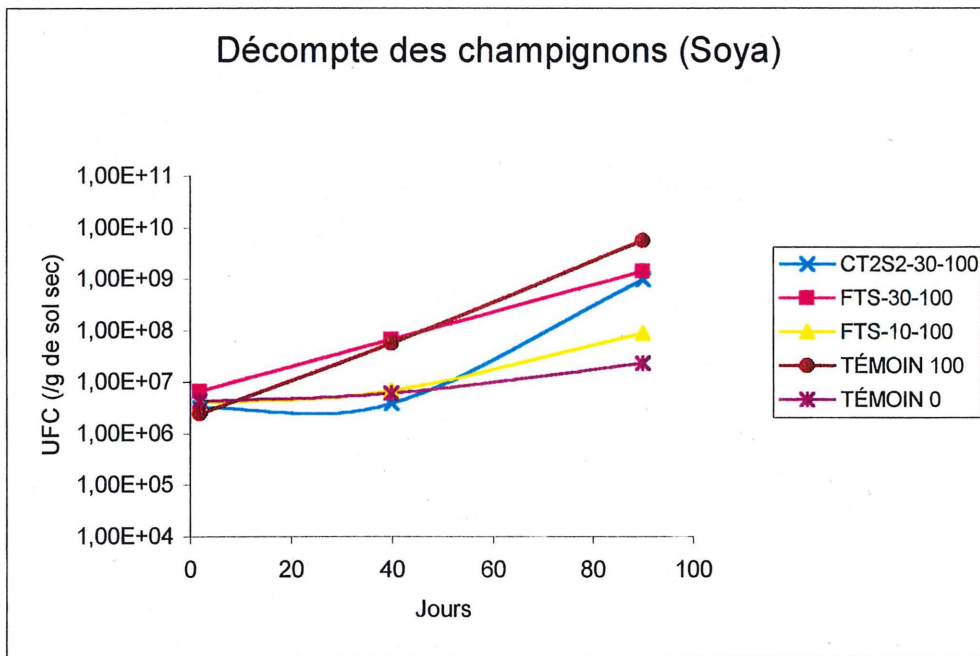
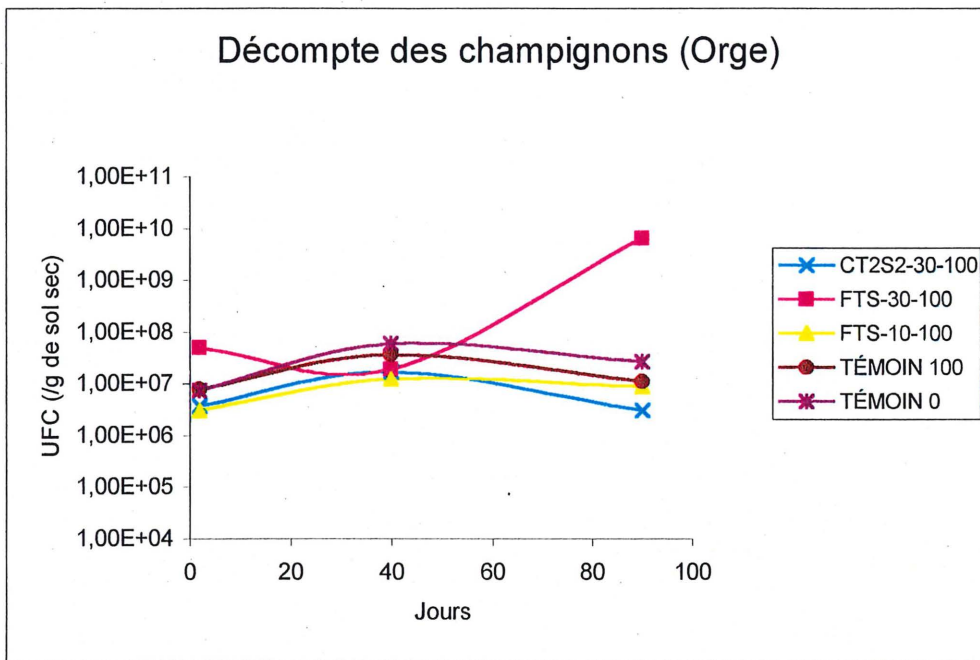


Figure 4. Décompte des champignons lors des essais en serre pour le sol Greensboro en présence de compost de crevettes/tourbe/sciures (X CT₂S₂) ayant 30 jours de maturation et appliqué à une dose 100%; de compost de fumier/tourbe/sciures (■ FTS) ayant 30 jours de maturation et appliqué à une dose de 100 %; de compost de fumier/tourbe/sciures (▲ FTS) ayant 10 jours de maturation et appliqué à une dose de 100 %; de témoin fertilisé à l'engrais minéral (●) à une dose de 100 % et de témoin non-fertilisé (*).

2.2.1 Effet des composts sur le rendement des cultures végétales

Les tableaux 11 et 12 présentent les résultats obtenus pour l'effet du compost sur les propriétés physiques des plants d'orge et de soya. On remarque, pour la culture d'orge, que l'application de compost permet d'obtenir des résultats similaires à ceux obtenus par fertilisation chimique. Par contre, l'absence de fertilisation entraîne des rendements et des propriétés physiques des plants significativement plus bas que les autres traitements. Si on observe les résultats obtenus pour le rendement des parcelles, on constate qu'il y a une forte tendance pour que le compost de type FTS ayant 30 jours de maturation favorise la production de grains par surface cultivée. Lors des essais avec la culture de soya (Tableau 12), on remarque que le témoin négatif est toujours inférieur aux autres traitements et que l'amendement en compost confère des propriétés physiques comparables à celles obtenues pour les traitements «Engrais». Il semble, pour cet essai, que le compost plus stabilisé, le FTS 30 jours, améliore les propriétés physiques des plantes. Bien que ces différences ne soient pas significatives, on remarque que la production de grains et de paille ainsi que le rendement est supérieur à tous les autres traitements.

2.2.2 Effet des composts sur le contenu en éléments minéraux des grains et des plants

L'analyse de la teneur en éléments minéraux a été effectuée sur la paille recueillie lors des essais avec la culture d'orge en champs. Les résultats sont présentés au tableau 13. On remarque qu'aucune différence significative n'est observée pour ce qui est de la teneur en azote, phosphore et potassium. Des résultats similaires sont observés pour le contenu en éléments minéraux dans les grains d'orge (Tableau 14). On constate que les différents traitements n'ont pas influencé la teneur en azote, phosphore et potassium des grains. Pour la culture de soya, les résultats obtenus pour le contenu en éléments minéraux (Tableaux 15 & 16) ne montrent aucune différence significative tant au niveau des plants que des grains de soya.

Tableau 11. Effet des différents composts sur les propriétés physiques de l'orge

Traitement	Dose* (%)	Nombre de plants /mètre ²	Nombre d'épis/mètre ²	Poids sec des plants (g)	Poids des grains (g)	Poids des grains (kg/hl)	Poids 1000 grains (g)	Rendement (kg/ha)	Hauteur (cm)
FTS-30 jrs	100	298,0 a	276,0 a	2046,9 a	808,1 ab	56,19 ab	29,93 a	2043,2 a	105,7 a
FTS-30 jrs	50	249,3 a	248,0 ab	2104,8 a	832,5 ab	55,70 ab	30,73 a	1939,5 a	106,7 a
FTS-30 jrs	50-E	316,7 a	269,3 a	2072,8 a	823,7 ab	57,32 a	30,79 a	1819,1 ab	105,7 a
FTS-10 jrs	100	280,0 a	277,0 a	2078,5 a	873,1 ab	56,25 ab	30,88 a	1724,7 ab	104,0 a
FTS-10 jrs	50	300,7 a	257,3 ab	2080,8 a	787,2 b	54,20 ab	30,16 a	1907,4 ab	105,0 a
FTS-10 jrs	50-E	284,7 a	270,3 a	2019,7 a	836,3 ab	56,79 ab	30,04 a	1546,9 ab	104,7 a
Engrais	100	308,0 a	266,7 a	2194,5 a	933,1 a	57,80 a	30,66 a	1701,2 ab	106,3 a
Engrais	50	316,0 a	244,7 ab	2104,4 a	820,2 ab	55,74 ab	30,03 a	1766,4 ab	108,0 a
Engrais	0	314,7 a	211,0 b	1904,7 ab	742,0 b	54,57 ab	29,62 a	1663,6 ab	106,3 a
Témoin négatif		310,7 a	209,3 b	1664,7 b	579,8 c	52,62 b	28,37 a	1387,0 b	97,3 b

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Tableau 12. Effet des différents composts sur les propriétés physiques du soya

Traitement	Dose* (%)	Nombre de plants /mètre ²	Poids sec total des plants (g)	Poids des grains (g)	Poids des grains (kg/hl)	Poids 1000 grains (g)	Rendement (kg/ha)	Hauteur (cm)
FTS-30 jrs	100	17,75 a	2608,6 a	1103,3 a	73,40 a	734,00 a	2554,0 a	68,8 ab
FTS-30 jrs	50	13,43 ab	2459,2 a	1047,3 a	72,87 a	728,67 a	2424,4 a	71,5 a
FTS-30 jrs	50-E	13,66 ab	2316,9 ab	982,3 ab	73,17 a	731,67 a	2273,9 ab	63,2 b
FTS-10 jrs	100	12,04 ab	2262,0 ab	931,3 ab	73,47 a	734,67 a	2155,9 ab	63,3 b
FTS-10 jrs	50	14,27 ab	2401,1 ab	1030,0 ab	73,57 a	735,67 a	2384,3 ab	67,5 ab
FTS-10 jrs	50-E	10,80 b	2067,0 ab	835,3 ab	73,87 a	738,67 a	1933,6 ab	67,7 ab
Engrais	100	11,65 ab	2156,6 ab	918,7 ab	73,53 a	735,33 a	2126,5 ab	64,2 ab
Engrais	50	10,96 b	2224,6 ab	953,9 ab	73,20 a	732,00 a	2208,1 ab	65,7 ab
Engrais	0	12,73 ab	2106,6 ab	898,3 ab	72,83 a	728,33 a	2079,5 ab	64,2 ab
Témoin négatif		10,34 b	1792,7 b	749,0 b	72,93 a	729,33 a	1733,8 b	62,9 b

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Tableau 13. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux des plants d'orge

Traitement	Dose* (%)	Azote total (%)	Phosphore total (%)	Potassium (%)
FTS-30 jrs	100	1,18 a	0,138 a	2,65 a
FTS-30 jrs	50	1,05 a	0,134 a	2,73 a
FTS-30 jrs	50-E	1,12 a	0,141 a	2,47 a
FTS-10 jrs	100	1,20 a	0,127 a	2,65 a
FTS-10 jrs	50	1,14 a	0,155 a	2,63 a
FTS-10 jrs	50-E	1,09 a	0,136 a	2,76 a
Engrais	100	1,07 a	0,126 a	2,51 a
Engrais	50	1,23 a	0,135 a	2,81 a
Engrais	0	1,21 a	0,133 a	2,77 a
Témoin négatif		1,10 a	0,168 a	2,19 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Tableau 14. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux des grains d'orge

Traitement	Dose* (%)	Azote total (%)	Phosphore total (%)	Potassium (%)
FTS-30 jrs	100	2,18 a	0,495 a	0,44 a
FTS-30 jrs	50	2,11 a	0,479 a	0,40 a
FTS-30 jrs	50-E	2,06 a	0,443 a	0,41 a
FTS-10 jrs	100	2,05 a	0,470 a	0,41 a
FTS-10 jrs	50	2,01 a	0,446 a	0,41 a
FTS-10 jrs	50-E	2,07 a	0,452 a	0,40 a
Engrais	100	2,05 a	0,446 a	0,43 a
Engrais	50	2,08 a	0,488 a	0,37 a
Engrais	0	2,15 a	0,450 a	0,39 a
Témoin négatif		2,10 a	0,501 a	0,43 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Tableau 15. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux des plants de soya

Traitement	Dose* (%)	Azote total (%)	Phosphore total (%)	Potassium (%)
FTS-30 jrs	100	0,61 a	0,050 a	1,19 a
FTS-30 jrs	50	0,58 a	0,041 a	1,19 a
FTS-30 jrs	50-E	0,67 a	0,050 a	1,23 a
FTS-10 jrs	100	0,65 a	0,049 a	1,16 a
FTS-10 jrs	50	0,64 a	0,046 a	1,18 a
FTS-10 jrs	50-E	0,60 a	0,046 a	1,16 a
Engrais	100	0,60 a	0,048 a	1,16 a
Engrais	50	0,59 a	0,044 a	1,16 a
Engrais	0	0,61 a	0,043 a	1,06 a
Témoin négatif		0,63 a	0,043 a	1,19 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Tableau 16. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux des grains de soya

Traitement	Dose* (%)	Azote total (%)	Phosphore total (%)	Potassium (%)
FTS-30 jrs	100	6,40 a	0,822 a	1,85 a
FTS-30 jrs	50	6,37 a	0,810 a	1,82 a
FTS-30 jrs	50-E	6,42 a	0,889 a	1,83 a
FTS-10 jrs	100	6,42 a	0,829 a	1,85 a
FTS-10 jrs	50	6,58 a	0,852 a	1,85 a
FTS-10 jrs	50-E	6,46 a	0,874 a	1,82 a
Engrais	100	6,20 a	0,823 a	1,83 a
Engrais	50	6,35 a	0,821 a	1,84 a
Engrais	0	6,45 a	0,846 a	1,84 a
Témoin négatif		6,50 a	0,843 a	1,81 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

2.2.3 Effet de l'amendement sur les propriétés physico-chimiques du sol

2.2.3.1 pH, matière organique, masse volumétrique, capacité de rétention d'eau et capacité d'échange cationique des sols

Les résultats obtenus pour le pH des sols, le contenu en matière organique, la capacité de rétention en eau ne démontrent aucune différence significative quelque soit le traitement effectué, tant pour la culture d'orge que de soya. On peut constater que le pH varie de 5,3 à 5,7 pour la culture d'orge et de soya indépendamment des traitements (Tableau 17). De même, le contenu en matière organique des sols se situe entre 6,06 % et 8,22 % pour les deux cultures mais cette différence n'est pas significative (Tableau 18). Pour ce qui est de la capacité de rétention en eau (Tableau 19), on constate, une fois de plus, qu'aucune tendance se dégage des résultats obtenus lors de la culture de l'orge ou du soya.

Tableau 17. Effet de l'amendement sur le pH des sols

Traitement	Dose* (%)	pH Orge	pH Soya
FTS-30 jrs	100	5,4 a	5,7 a
FTS-30 jrs	50	5,5 a	5,6 a
FTS-30 jrs	50-E	5,5 a	5,6 a
FTS-10 jrs	100	5,6 a	5,6 a
FTS-10 jrs	50	5,4 a	5,7 a
FTS-10 jrs	50-E	5,4 a	5,6 a
Engrais	100	5,4 a	5,6 a
Engrais	50	5,4 a	5,7 a
Engrais	0	5,3 a	5,5 a
Témoin négatif		5,4 a	5,5 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Tableau 18. Effet de l'amendement sur le contenu en matière organique des sols

Traitement	Dose* (%)	Matière organique (%)	
		Orge	Soya
FTS-30 jrs	100	7,04 a	6,27 a
FTS-30 jrs	50	6,92 a	6,43 a
FTS-30 jrs	50-E	6,84 a	6,26 a
FTS-10 jrs	100	6,66 a	6,41 a
FTS-10 jrs	50	8,22 a	6,27 a
FTS-10 jrs	50-E	6,83 a	6,29 a
Engrais	100	6,94 a	6,43 a
Engrais	50	6,83 a	6,06 a
Engrais	0	6,95 a	6,21 a
Témoin négatif		6,81 a	6,33 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Tableau 19. Effet de l'amendement sur la capacité de rétention en eau des sols

Traitement	Dose* (%)	Capacité de rétention en eau (%)	
		Orge	Soya
FTS-30 jrs	100	24,58 a	21,84 a
FTS-30 jrs	50	22,45 a	22,27 a
FTS-30 jrs	50-E	24,22 a	21,54 a
FTS-10 jrs	100	22,33 a	21,83 a
FTS-10 jrs	50	24,04 a	21,19 a
FTS-10 jrs	50-E	23,33 a	22,10 a
Engrais	100	23,33 a	20,95 a
Engrais	50	21,47 a	20,73 a
Engrais	0	23,48 a	21,70 a
Témoin négatif		24,28 a	21,41 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Les résultats obtenus pour la masse volumétrique des sols sont présentés au tableau 20. On constate, pour la culture d'orge qu'aucune différence significative n'est notée. Pour ce qui est de la culture de soya, il semble que le compost de type « FTS 30-100% » tend à augmenter la masse volumétrique des sols. On constate aussi que le témoin négatif tend à être inférieur aux autres traitements. Finalement, il semble que la capacité d'échange cationique (Tableau 21) est peu influencée par les traitements effectués. On constate, pour la culture d'orge, que le traitement « Engrais 100 » tend à mieux retenir les cations à la surface des colloïdes contrairement au traitement « FTS 10-50-E » où le taux d'échange cationique est le plus faible. Pour la culture de soya, aucune différence significative n'est observée.

Tableau 20. Effet de l'amendement sur la masse volumique des sols

Traitement	Dose* (%)	Masse volumétrique	Masse volumétrique
		(g/cm ³) Orge	(g/cm ³) Soya
FTS-30 jrs	100	1,21 a	1,26 ab
FTS-30 jrs	50	1,20 a	1,27 a
FTS-30 jrs	50-E	1,26 a	1,22 ab
FTS-10 jrs	100	1,19 a	1,16 b
FTS-10 jrs	50	1,17 a	1,23 ab
FTS-10 jrs	50-E	1,26 a	1,21 ab
Engrais	100	1,16 a	1,25 ab
Engrais	50	1,22 a	1,20 ab
Engrais	0	1,33 a	1,23 ab
Témoin négatif		1,24 a	1,13 b

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Tableau 21. Effet de l'amendement sur la capacité d'échange cationique des sols

Traitement	Dose* (%)	C.E.C. Orge (meq/100 ml)	C.E.C. Soya (meq/100 ml)
FTS-30 jrs	100	256,43 ab	233,76 a
FTS-30 jrs	50	242,13 ab	243,31 a
FTS-30 jrs	50-E	243,89 ab	216,64 a
FTS-10 jrs	100	260,16 ab	231,09 a
FTS-10 jrs	50	242,19 ab	231,09 a
FTS-10 jrs	50-E	231,36 b	236,48 a
Engrais	100	267,63 a	229,87 a
Engrais	50	244,21 ab	247,52 a
Engrais	0	248,16 ab	230,56 a
Témoin négatif		249,07 ab	247,41 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

2.2.3.2 Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux des sols

La teneur en éléments minéraux du sol pour la culture d'orge est présentée au tableau 22. On constate que le contenu du sol en azote ammoniacal, azote total, phosphore total, phosphore libre et potassium n'a pas été influencé par les traitements effectués. Pour ce qui est de la teneur en nitrate, il semble que le traitement FTS 30-100% procure une plus grande quantité de cet élément au sol. Par contre, le témoin négatif est caractérisé par une teneur en nitrate significativement plus faible. Des résultats similaires sont aussi observés pour la culture de soya (Tableau 23). On remarque que la teneur en azote ammoniacal, azote total, phosphore total et phosphore libre est peu différente quelque soit le traitement. La teneur en nitrate semble, encore ici, être augmentée lors de l'ajout du compost de type FTS 30-100%. Finalement, la teneur en potassium des sols tend à être significativement plus basse lorsqu'aucun engrais (organique ou minéral) n'est ajouté.

Tableau 22. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol pour la culture d'orge

Traitement	Dose* (%)	Azote ammoniacal (ppm)	Nitrate (ppm)	Azote total (%)	Phosphore total (ppm)	Phosphore libre (ppm)	Potassium (ppm)
FTS-30 jrs	100	6,60 a	11,03 a	0,280 a	1180,29 a	55,59 a	1436,4 a
FTS-30 jrs	50	6,47 a	9,87 ab	0,288 a	1224,23 a	55,74 a	1803,9 a
FTS-30 jrs	50-E	7,75 a	9,70 ab	0,277 a	1257,97 a	59,73 a	1372,4 a
FTS-10 jrs	100	7,24 a	9,97 ab	0,277 a	1232,60 a	60,42 a	1428,0 a
FTS-10 jrs	50	7,66 a	9,57 ab	0,270 a	1250,77 a	56,90 a	1454,1 a
FTS-10 jrs	50-E	8,00 a	9,37 ab	0,272 a	1271,54 a	57,84 a	1298,3 a
Engrais	100	8,77 a	10,57 ab	0,279 a	1182,68 a	52,20 a	1396,1 a
Engrais	50	7,64 a	10,40 ab	0,283 a	1315,03 a	57,20 a	1506,1 a
Engrais	0	8,30 a	9,90 ab	0,284 a	1284,87 a	70,52 a	1525,1 a
Témoin négatif		8,07 a	8,87 b	0,282 a	1240,97 a	54,88 a	1391,8 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

Tableau 23. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol pour la culture de soya

Traitement	Dose* (%)	Azote ammoniacal (ppm)	Nitrate (ppm)	Azote total (%)	Phosphore total (ppm)	Phosphore libre (ppm)	Potassium (ppm)
FTS-30 jrs	100	5,66 a	5,60 a	0,269 a	1170,60 a	66,71 a	218,5 ab
FTS-30 jrs	50	5,76 a	4,33 ab	0,274 a	1209,48 a	59,27 a	247,3 ab
FTS-30 jrs	50-E	4,80 a	5,23 ab	0,269 a	1212,84 a	76,2 a	240,4 ab
FTS-10 jrs	100	4,80 a	4,93 ab	0,269 a	1238,15 a	68,04 a	230,2 ab
FTS-10 jrs	50	4,93 a	5,40 ab	0,273 a	1162,06 a	66,84 a	251,5 a
FTS-10 jrs	50-E	5,36 a	4,27 b	0,266 a	1162,56 a	67,45 a	200,0 ab
Engrais	100	5,44 a	4,20 b	0,273 a	1126,87 a	64,15 a	210,9 ab
Engrais	50	4,97 a	5,03 ab	0,272 a	1171,07 a	73,32 a	234,5 ab
Engrais	0	5,66 a	4,23 b	0,279 a	1281,70 a	75,02 a	236,0 ab
Témoin négatif		5,46 a	4,57 ab	0,268 a	1156,80 a	68,95 a	189,2 b

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

2.2.4 Effet de l'amendement sur la microflore du sol

Le suivi des microorganismes du sol lors du premier essai en champs a été effectué sur les traitements suivant : FTS 30-100%, FTS 10-100%, Engrais 100 % et Témoin négatif. Les premiers graphiques présentés sont ceux obtenus lors du décompte des bactéries totales dans le sol (Figure 5). Aucune différence significative n'est notée et ce, tout au long de l'essai quelque soit le type de culture effectuée. Le nombre de microorganismes observés se situe autour de 3×10^8 pour la culture d'orge et de soya. Pour ce qui est du décompte des bactéries chitinolytiques (Figure 6), les résultats semblent suivent une même tendance ; on constate, pour la culture d'orge, que le nombre de microorganismes augmente au début de l'essai pour ensuite se stabiliser; seul le traitement « FTS 10-100% » tend à donner des décomptes plus élevés au début de l'essai. Quant aux résultats obtenus pour la culture de soya, le phénomène inverse se produit soit, une diminution du nombre de microorganismes, suivi d'une hausse au moment de la récolte. Cependant, les traitements ne sont pas significativement différents entre eux. Pour ce qui est du dénombrement des actinomycètes (Figure 7), avec la culture d'orge, il y a une tendance avec les sols, ayant reçu un amendement organique, vers un plus grand nombre d'actinomycètes et ce, tant au début qu'à la mi-croissance des plants. Cependant l'inverse est observé à la récolte ; on constate que le nombre d'actinomycètes est significativement supérieur pour les traitements « Témoin » et « Engrais ». En ce qui a trait aux résultats observés pour la culture de soya, aucune différence significative n'est observée au début de l'essai ; la seule différence est notée au moment de la récolte. Le traitement ayant reçu un amendement en compost de type FTS 10–100 % possède un nombre d'actinomycètes plus élevé statistiquement que le traitement « Engrais ». Finalement, les champignons étaient le dernier groupe de microorganismes étudiés (Figure 8). On remarque, pour la culture d'orge, que le nombre de champignons varie peu en fonction du traitement effectué. Toutefois, au moment de la récolte, le nombre de champignons présent dans le sol est significativement plus bas pour les parcelles ayant été amendées de composts. Avec les échantillons de sols prélevés dans les parcelles de soya, le nombre de champignons, à la mi-croissance des plants, est inférieur pour le traitement « FTS 30-100% ». Au moment de la récolte, seul le traitement « FTS 10-100% » est supérieur au traitement « Engrais ».

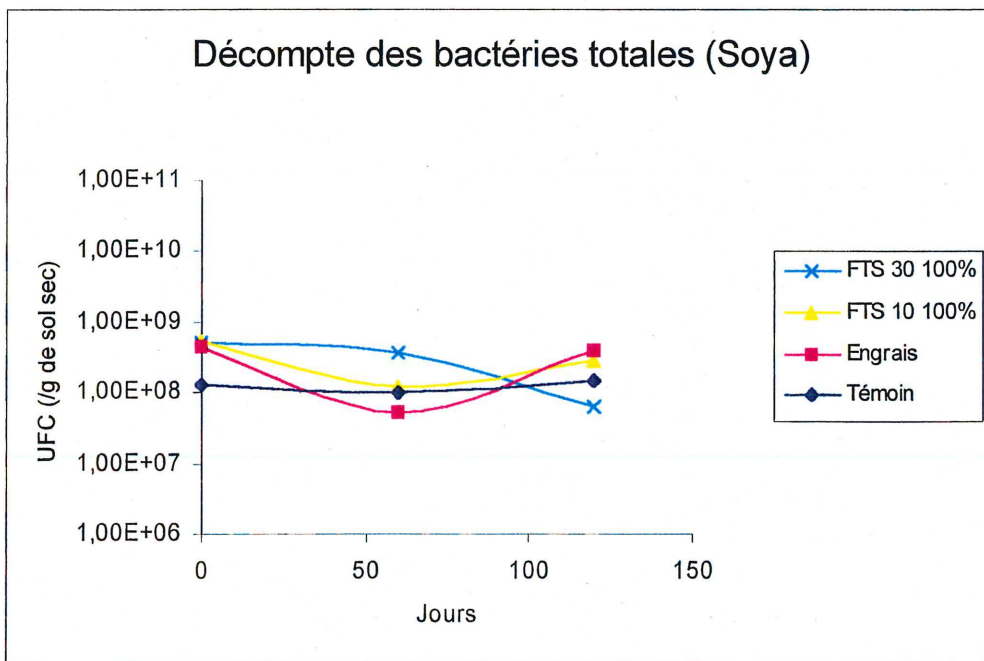
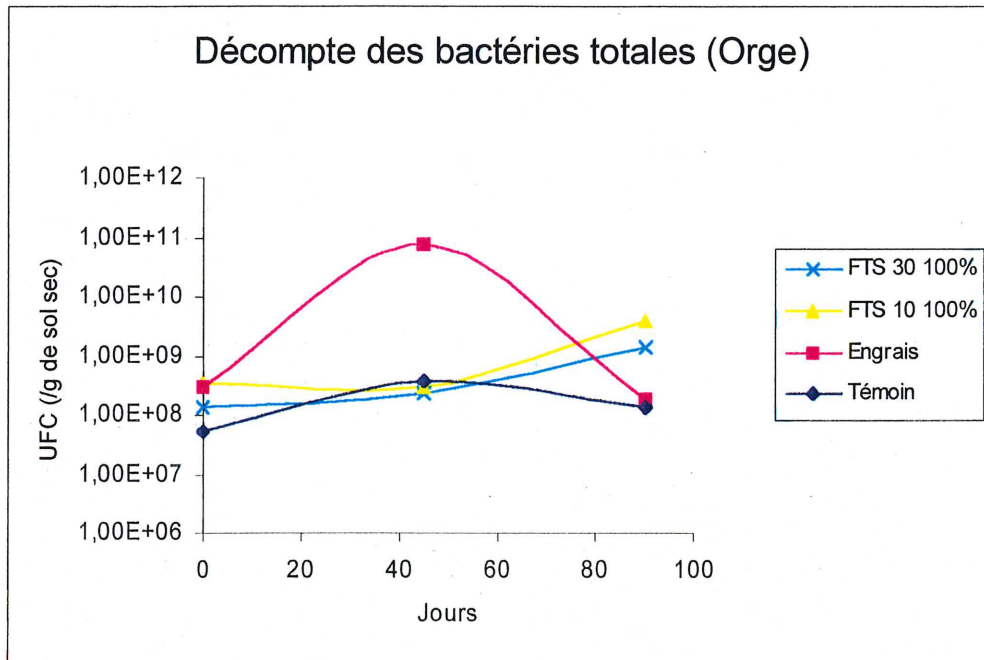


Figure 5. Décompte des bactéries totales lors des essais en champs (1^{er} essai) en présence de compost de fumier/tourbe/sciures (X FTS) ayant 30 jours de maturation et appliqué à une dose 100%; de compost de fumier/tourbe/sciures (▲ FTS) ayant 10 jours de maturation et appliqué à une dose de 100 %; de témoin fertilisé à l'engrais minéral (■) à une dose de 100 % ; de témoin non-fertilisé (◆)

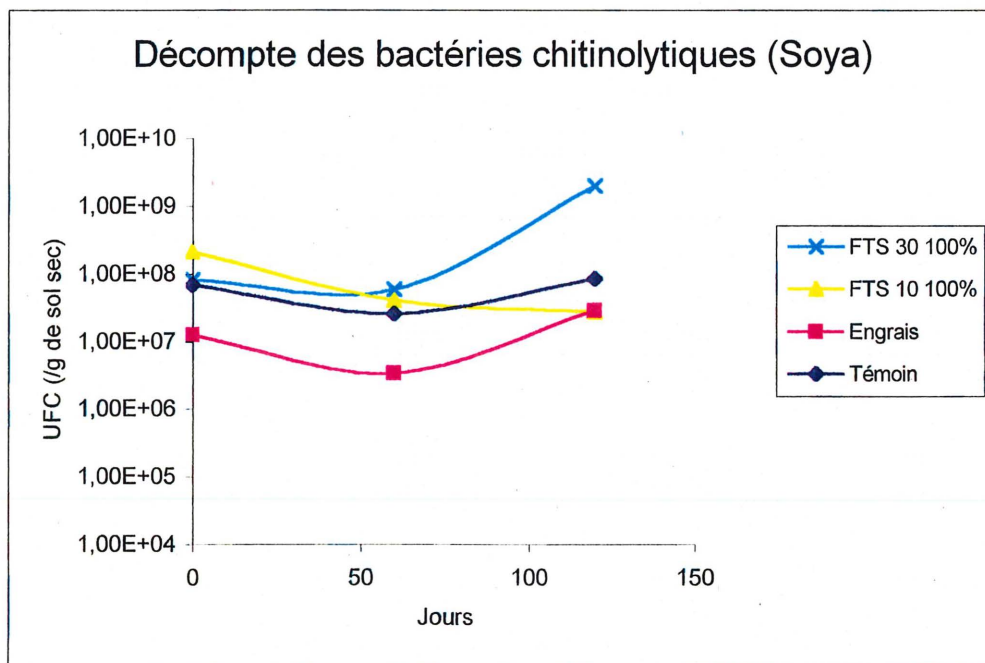
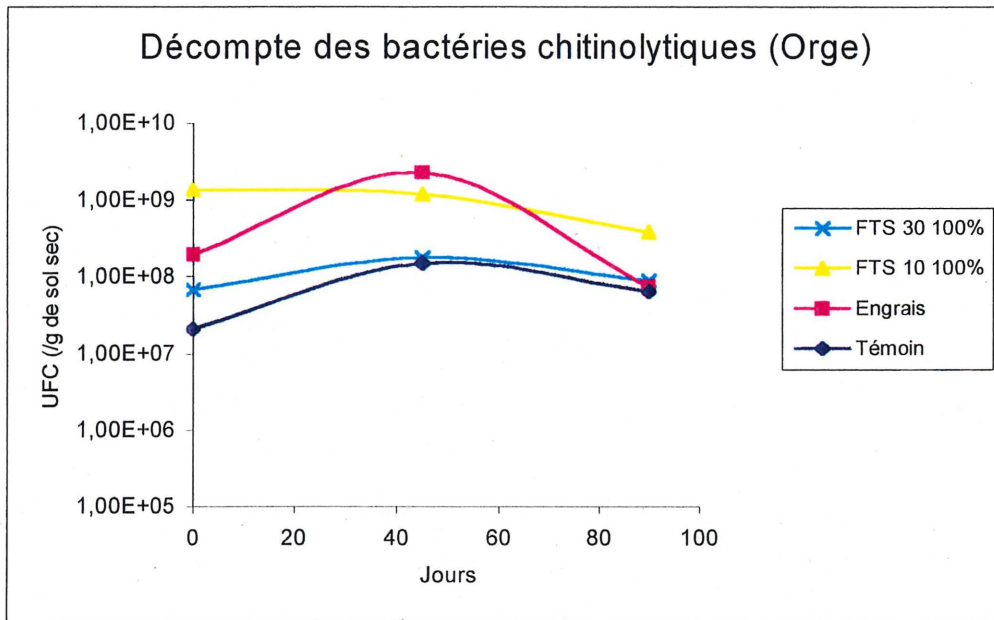


Figure 6. Décompte des bactéries chitinolytiques lors des essais en champs (1^{er} essai) en présence de compost de fumier/tourbe/sciures (X FTS) ayant 30 jours de maturation et appliqué à une dose 100%; de compost de fumier/tourbe/sciures (▲ FTS) ayant 10 jours de maturation et appliqué à une dose de 100 %; de témoin fertilisé à l'engrais minéral (■) à une dose de 100 % ; de témoin non-fertilisé (◆)

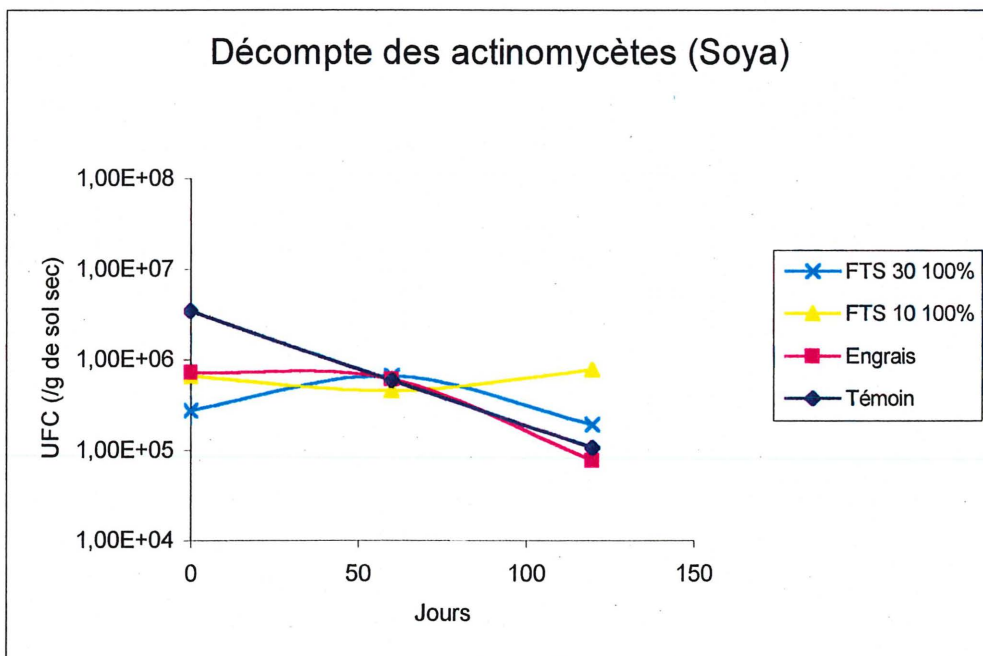
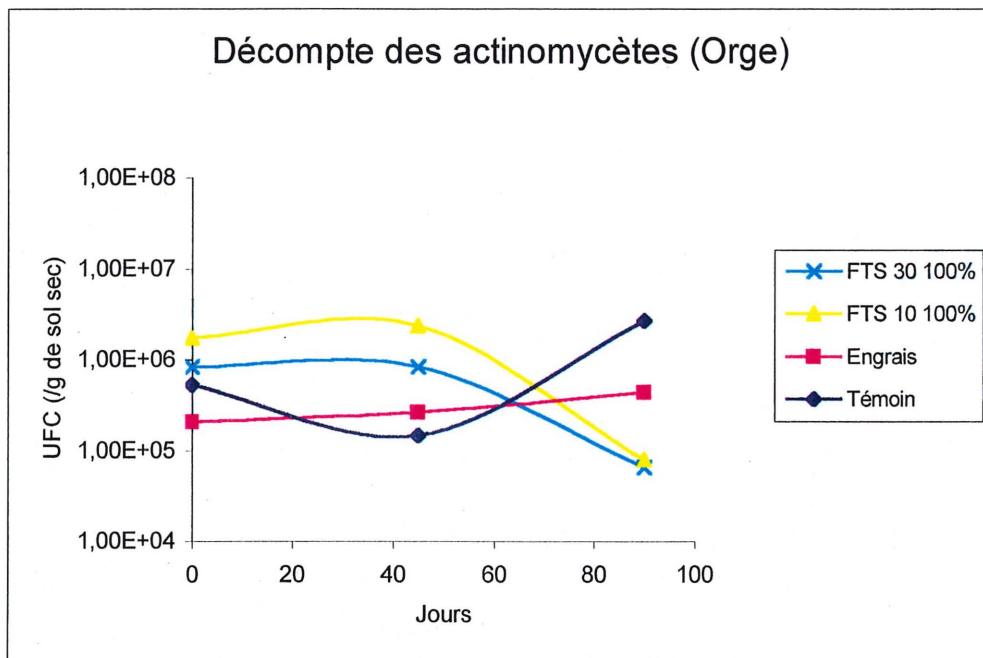


Figure 7. Décompte des actinomycètes lors des essais en champs (1^{er} essai) en présence de compost de fumier/tourbe/sciures (X FTS) ayant 30 jours de maturation et appliqué à une dose 100%; de compost de fumier/tourbe/sciures (▲ FTS) ayant 10 jours de maturation et appliqué à une dose de 100 %; de témoin fertilisé à l'engrais minéral (■) à une dose de 100 % ; de témoin non-fertilisé (◆)

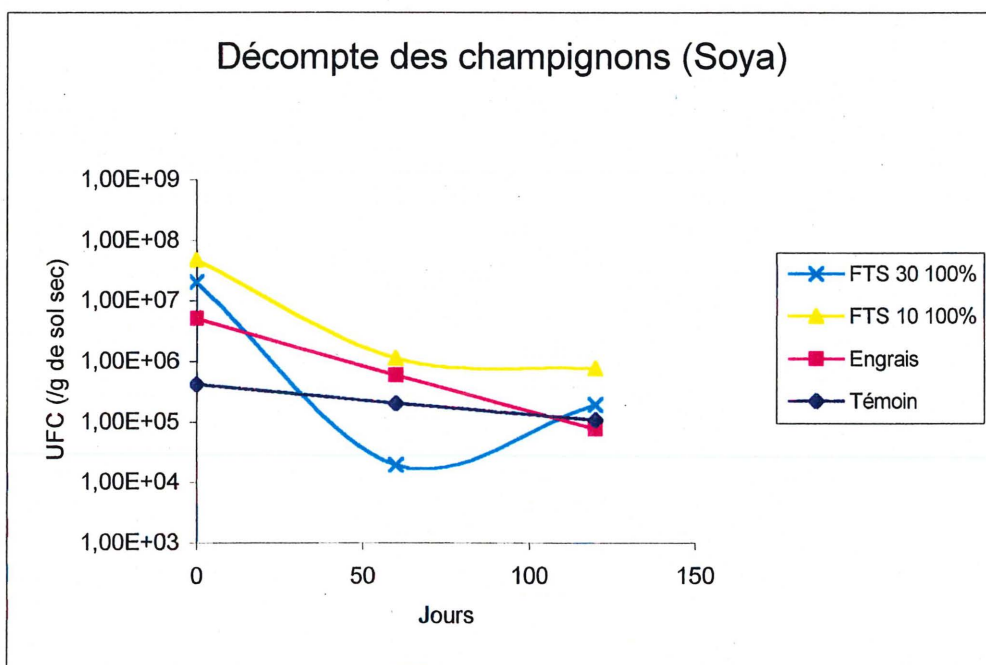
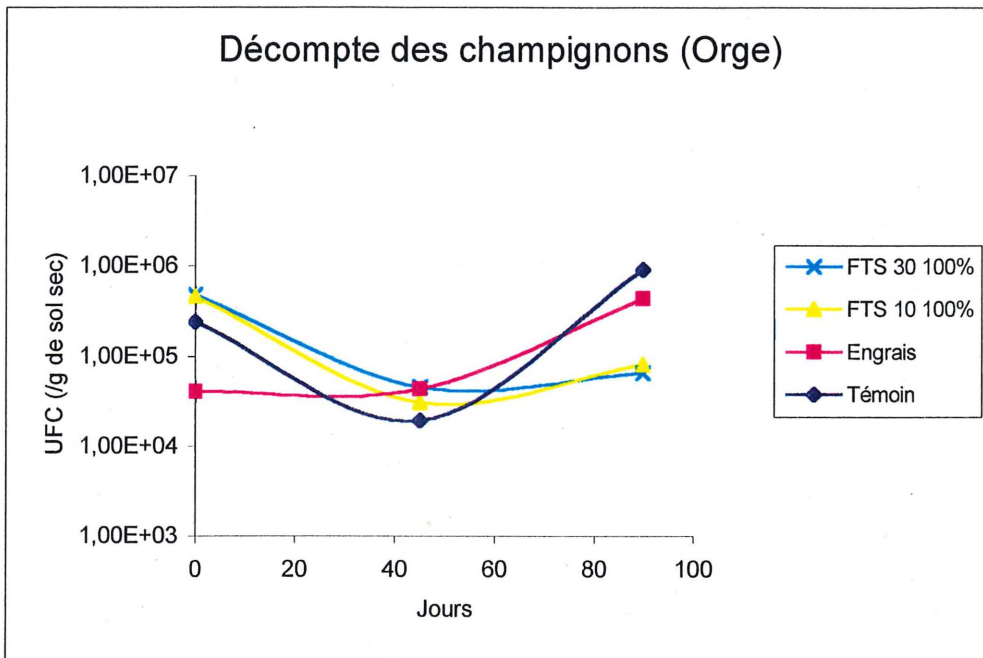


Figure 8. Décompte des champignons lors des essais en champs (1^{er} essai) en présence de compost de fumier/tourbe/sciures (X FTS) ayant 30 jours de maturation et appliqué à une dose 100%; de compost de fumier/tourbe/sciures (▲ FTS) ayant 10 jours de maturation et appliqué à une dose de 100 %; de témoin fertilisé à l'engrais minéral (■) à une dose de 100 % ; de témoin non-fertilisé (◆)

2.3 Essai en champs (2^e essai)

Lors du 2^e essai effectué en champs, le compost de type FTS ayant deux degrés d'amendement a été testé soit 15 % et 30 % de carapaces de crevettes. Les résultats vont nous permettre de corroborer les résultats obtenus ultérieurement. De plus, il sera possible de vérifier si un apport en résidus marins plus faible confère des propriétés fertilisantes.

2.3.1 Effet des composts sur le rendement des cultures végétales

Les résultats obtenus pour le rendement de cultures végétales sont présentés aux tableaux 24 et 25. On constate que les parcelles fertilisées favorisent la production des grains par les plants d'orge (Tableau 24) ; le poids des grains récoltés ainsi que le poids des grains exprimé en kg/hl est significativement plus élevé comparativement au témoin négatif. On remarque aussi que le rendement et la hauteur des plants sont significativement plus élevés que le témoin négatif. Pour ce qui est de la culture de soya (Tableau 25), des observations similaires sont notées soit, une production de grains et un rendement significativement plus bas pour le traitement « Témoin négatif ». Le poids de 1000 grains de soya est toutefois plus élevé pour les parcelles ayant reçu l'engrais minéral. Aucune différence majeure n'est notée entre les deux composts utilisés. Le pourcentage de carapaces de crevettes utilisés lors de l'amendement ne semble pas influencer le rendement des cultures végétales.

2.3.2 Effet de l'amendement sur les propriétés physico-chimiques du sol

2.3.2.1 pH, matière organique

Si on observe les résultats obtenus pour le pH (Tableau 26) et le contenu en matière organique des sols (Tableau 27) lors des essais en champs, on constate qu'aucune

différence significative n'est notée. Le pH se situe entre 5,91 et 6,56 pour le sol provenant de la culture de l'orge alors qu'il se situe entre 6,64 et 7,08 pour la culture de soya. Le contenu en matière organique est de 7,61 % à 8,08 % pour l'orge et entre 6,53 e 6,91 pour le soya.

Tableau 24. Effet des différents composts sur les propriétés physiques de l'orge (2^e essai)

Traitement	Dose* (%)	Nombre de plants /mètre ²	Poids des grains (g)	Poids des grains (kg/hl)	Poids 1000 grains (g)	Rendement (kg/ha)	Hauteur (cm)
FTS-30 %	100	333,9 a	301,0 a	43,68 a	22,59 ab	1393,5 a	96,7 a
FTS-30 %	100-E	292,2 a	250,3 a	41,84 a	19,47 bc	1158,5 a	98,7 a
FTS-30 %	50	308,1 a	197,5 ab	44,42 a	23,34 a	914,5 ab	97,7 a
FTS-30 %	50-E	264,3 a	213,1 a	43,31 a	22,11 ab	987,8 ab	95,3 a
FTS-15 %	100	336,1 a	270,4 a	41,89 a	22,84 ab	1086,1 a	95,0 a
FTS-15 %	100-E	276,7 a	234,6 a	40,16 a	19,79 bc	1251,8 a	95,7 a
FTS-15 %	50	324,7 a	213,1 a	41,95 a	21,70 ab	984,1 ab	95,3 a
FTS-15 %	50-E	300,4 a	212,6 a	44,25 a	23,22 ab	986,7 ab	97,7 a
Engrais	100	271,9 a	302,1 a	44,51 a	23,57 a	1398,6 a	97,3 a
Engrais	50	312,0 a	294,9 a	44,62 a	23,71 a	1365,0 a	99,0 a
Engrais	0	272,2 a	260,6 a	44,47 a	22,19 ab	1206,5 a	97,3 a
Témoin négatif		260,6 a	181,0 b	41,07 a	17,72 c	838,2 b	88,0 b

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

%: % de carapaces de crevettes (poids sec / poids sec) utilisé pour l'amendement du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

-E: traitement où les exigences de la plante en phosphore n'ont pas été complétées à 100 % avec l'engrais minéral

Tableau 25. Effet des différents composts sur les propriétés physiques du soya (2^e essai)

Traitement	Dose* (%)	Nombre de plants /mètre ²	Poids des grains (g)	Poids des grains (kg/hl)	Poids 1000 grains (g)	Rendement (kg/ha)	Hauteur (cm)
FTS-30 %	100	36,6 a	516,4 a	72,25 a	157,38 c	1912,7 a	72,7 a
FTS-30 %	50	42,4 a	509,1 a	72,88 a	168,80 abc	1885,6 a	71,3 a
FTS-30 %	50-E	35,3 a	464,1 a	72,57 a	159,80 c	1718,8 a	72,3 a
FTS-15 %	100	32,3 a	440,3 a	73,09 a	165,83 bc	1630,9 a	71,3 a
FTS-15 %	50	34,9 a	466,8 a	73,52 a	174,93 ab	1729,1 a	71,5 a
FTS-15 %	50-E	33,5 a	470,3 a	72,77 a	170,17 abc	1741,8 a	73,7 a
Engrais	100	34,3 a	520,3 a	72,73 a	180,92 a	1926,9 a	67,3 a
Engrais	50	33,2 a	524,1 a	72,82 a	168,70 abc	1941,2 a	72,3 a
Engrais	0	40,9 a	489,1 a	72,72 a	164,83 bc	1811,5 a	70,0 a
Témoin négatif		41,5 a	334,5 b	72,61 a	160,87 c	1239,0 b	69,3 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

‰: ‰ de carapaces de crevettes (poids sec / poids sec) utilisé pour l'amendement du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

-E: traitement où les exigences de la plante en phosphore n'ont pas été complétées à 100 ‰ avec l'engrais minéral

Tableau 26. Effet de l'amendement sur le pH des sols (2^e essai)

Traitement	Dose* (%)	pH Orge	pH Soya
FTS-30 %	100	6,26 a	7,08 a
FTS-30 %	100-E	6,26 a	7,08 a
FTS-15 %	100	6,56 a	6,88 a
FTS-15 %	100-E	6,37 a	6,88 a
Engrais	100	5,71 a	6,64 a
Engrais	0	6,40 a	6,89 a
Témoin négatif		5,91 a	6,71 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

‰: ‰ de carapaces de crevettes (poids sec / poids sec) utilisé pour l'amendement du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

-E: traitement où les exigences de la plante en phosphore n'ont pas été complétées à 100 ‰ avec l'engrais minéral

Tableau 27. Effet de l'amendement sur le contenu en matière organique des sols
(2^e essai)

Traitement	Dose* (%)	Matière organique (%)	
		Orge	Soya
FTS-30 %	100	7.95 a	6.91 a
FTS-30 %	100-E	7.84 a	6.91 a
FTS-15 %	100	8.08 a	6.53 a
FTS-15 %	100-E	7.61 a	6.53 a
Engrais	100	7.68 a	6.53 a
Engrais	0	7.87 a	6.57 a
Témoin négatif		7.93 a	6.62 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

%: % de carapaces de crevettes (poids sec / poids sec) utilisé pour l'amendement du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

-E: traitement où les exigences de la plante en phosphore n'ont pas été complétées à 100 % avec l'engrais minéral

2.3.2.2 Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux des sols

Le contenu en éléments minéraux des sols où la culture d'orge et de soya a été effectuée est présenté aux tableaux 28 et 29. On remarque, pour la culture d'orge (Tableau 28) que le contenu du sol en azote et en potassium n'ont pas été affecté par les traitements effectués. La teneur en phosphore assimilable par les plantes est plus basse pour les parcelles ayant reçu en amendement en compost de type « FTS 30% ». Les résultats obtenus pour la culture de soya (Tableau 29) sont semblables à ceux obtenus pour la culture d'orge : la teneur en azote et potassium n'est pas influencée par le traitement effectué et la teneur en phosphore libre est plus élevée pour le traitement « Engrais ».

Tableau 28. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol lors de la culture d'orge (2^e essai)

Traitement	Dose* (%)	Azote total (%)	Phosphore libre (ppm)	Potassium (ppm)
FTS-30 %	100	0,283 a	122,63 c	228.8 a
FTS-30 %	100-E	0,286 a	121,40 c	259.4 a
FTS-15 %	100	0,279 a	178,70 ab	273.9 a
FTS-15 %	100-E	0,288 a	202,57 a	243.3 a
Engrais	100	0,281 a	205,20 a	239.6 a
Engrais	0	0,277 a	180,17 ab	246.4 a
Témoin négatif		0,280 a	183,73 ab	231.8 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

%: % de carapaces de crevettes (poids sec / poids sec) utilisé pour l'amendement du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

-E: traitement où les exigences de la plante en phosphore n'ont pas été complétées à 100 % avec l'engrais minéral

Tableau 29. Effet de l'amendement sur le contenu en éléments minéraux du sol lors de la culture de soya (2^e essai)

Traitement	Dose* (%)	Azote total (%)	Phosphore libre (ppm)	Potassium (ppm)
FTS-30 %	100	0,266 a	129,27 b	204.1 a
FTS-30 %	100-E	0,257 a	129,27 b	204.1 a
FTS-15 %	100	0,270 a	128,53 b	234.0 a
FTS-15 %	100-E	0,271 a	128,53 b	234.0 a
Engrais	100	0,277 a	150,13 a	213.4 a
Engrais	0	0,256 a	143,87 a	207.0 a
Témoin négatif		0,251 a	130,20 b	187.3 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

%: % de carapaces de crevettes (poids sec / poids sec) utilisé pour l'amendement du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblées par l'ajout de compost ou d'engrais

-E: traitement où les exigences de la plante en phosphore n'ont pas été complétées à 100 % avec l'engrais minéral

2.3.3 Effet de l'amendement sur la microflore du sol

Lors du deuxième essai en champs, le suivi de la microflore du sol a été effectué pour certains traitements seulement ; pour la culture d'orge on retrouve les résultats pour les traitements « FTS 30% » et « FTS 15% » (dose 100% et 100%-E), « Engrais » (dose 100%) ainsi que le traitement « Témoin négatif ». Pour la culture de soya, les doses « 100% -E » n'ont pas été effectuées. Les résultats obtenus pour le dénombrement des bactéries totales du sol (Figure 9) ne démontrent aucune variation significative entre les traitements et ce, tout au long de l'essai tant pour la culture d'orge que de soya. Les résultats du dénombrement des bactéries chitinolytiques sont présentés à la figure 10. On remarque, pour la culture d'orge, que le nombre de bactéries a peu varié au long de l'essai; la seule variation est observée au jour 49 où le nombre de bactéries chitinolytiques était significativement plus élevé pour le traitement « FTS 15-100% » comparativement au traitement « Témoin négatif ». Pour ce qui est du dénombrement pour la culture de soya, on remarque que le nombre de bactéries chitinolytiques est significativement plus élevé au début de l'essai pour les traitements fertilisés à l'engrais organique. On constate, à la fin de l'essai, que leur nombre est plus élevé pour le traitement « FTS 30-100% ». Quant au dénombrement des actinomycètes du sol (Figure 11), on remarque, pour la culture d'orge, que le nombre d'actinomycètes est plus élevé pour les traitements amendés de compost et ce, à la mi-croissance et à la récolte des plants. Pour la culture de soya, des résultats similaires sont obtenus soit un nombre plus élevé d'actinomycètes pour les traitements « FTS 30% » et « FTS 15% ». Finalement, pour ce qui est du suivi de la population fongique dans le sol (Figure 12), très peu de différences significatives sont notées. Tous les traitements suivent un même tendance soit une diminution suivie d'une augmentation du nombre de champignons.

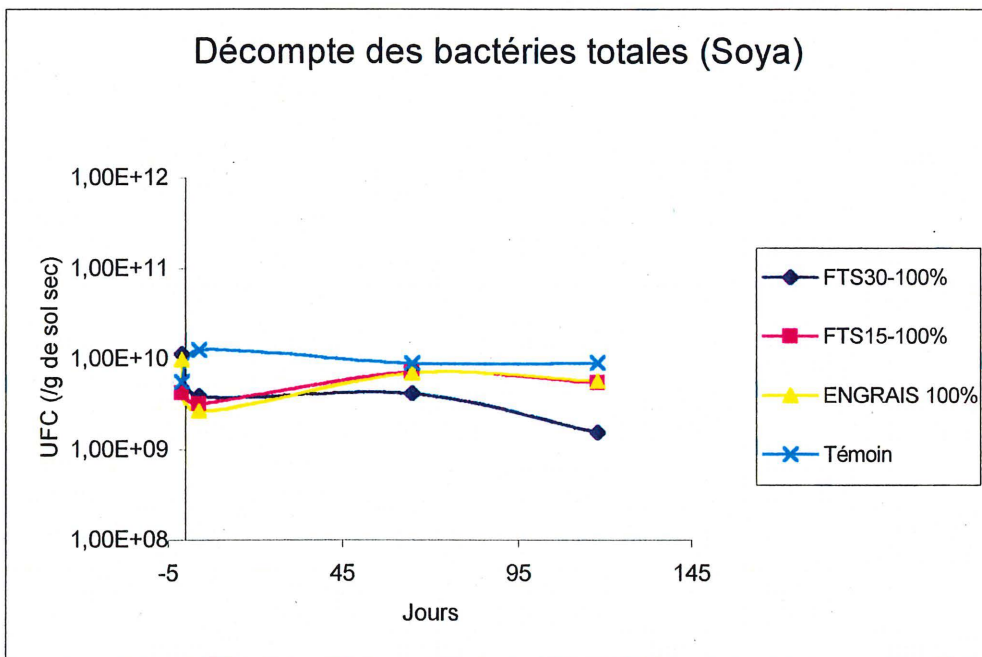
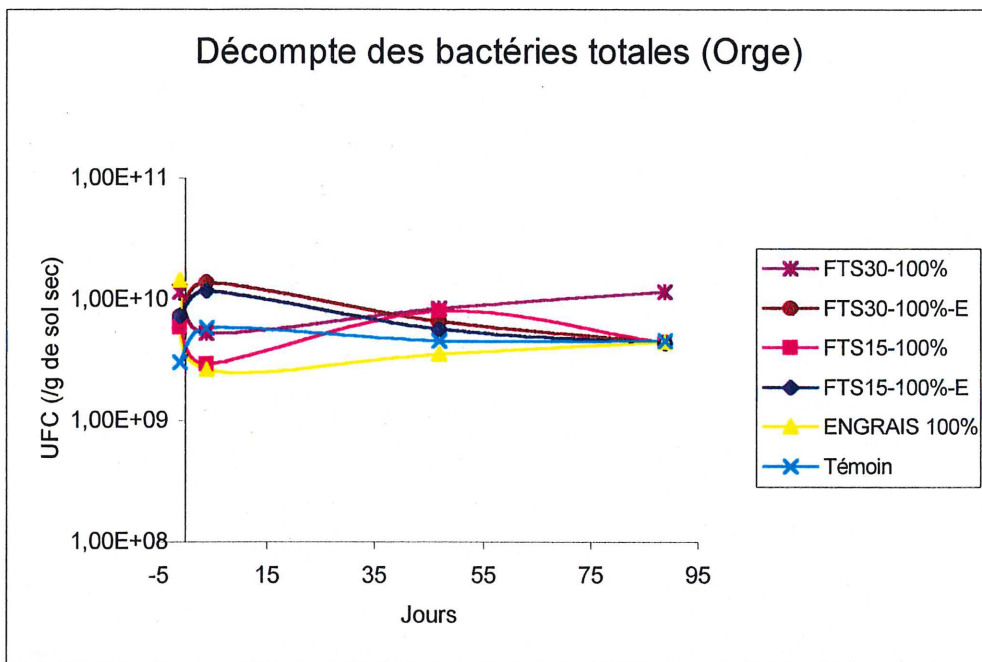


Figure 9. Décompte des bactéries totales lors des essais en champs (2^e essai) en présence de compost de fumier/tourbe/sciures (◆ FTS) ayant eu un amendement de 30% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose 100%; de compost de fumier/tourbe/sciures (● FTS) ayant eu un amendement de 30% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose 100% sans que les exigences aient été complétées avec l'engrais minéral; de compost de fumier/tourbe/sciures (■ FTS) ayant eu un amendement de 15% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose de 100 %; de compost de fumier/tourbe/sciures (◆ FTS) ayant eu un amendement de 15% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose 100% sans que les exigences aient été complétées avec l'engrais minéral; de témoin fertilisé à l'engrais minéral (▲) à une dose de 100 % ; de témoin non-fertilisé(X)

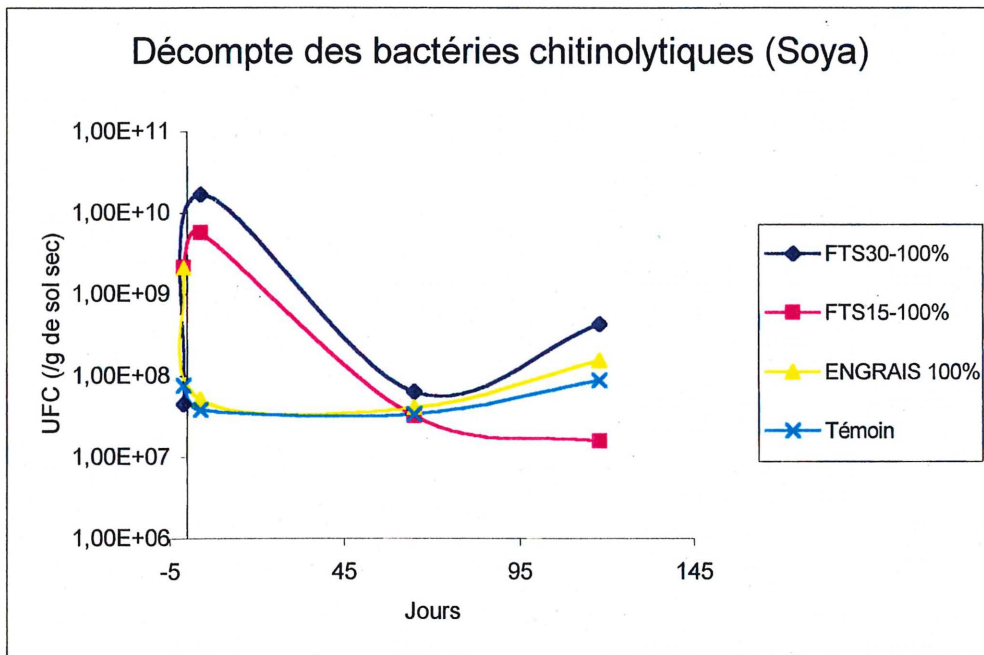
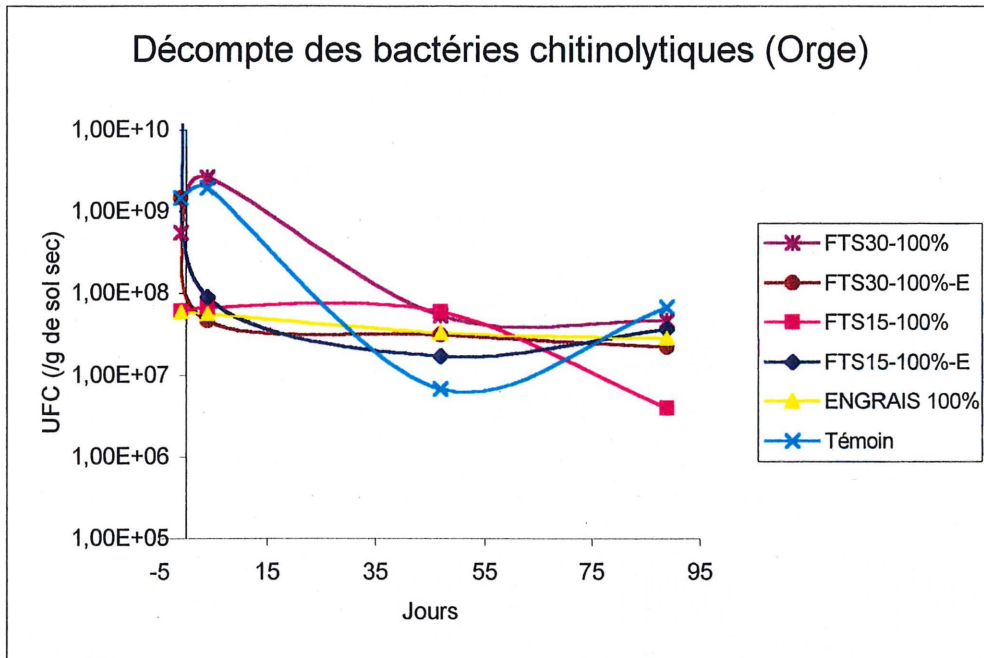


Figure 10. Décompte des bactéries chitinolytiques lors des essais en champs (2^e essai) en présence de compost de fumier/tourbe/sciures (◆ FTS) ayant eu un amendement de 30% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose 100%; de compost de fumier/tourbe/sciures (● FTS) ayant eu un amendement de 30% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose 100% sans que les exigences aient été complétées avec l'engrais minéral; de compost de fumier/tourbe/sciures (■ FTS) ayant eu un amendement de 15% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose de 100 %; de compost de fumier/tourbe/sciures (◆ FTS) ayant eu un amendement de 15% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose 100% sans que les exigences aient été complétées avec l'engrais minéral; de témoin fertilisé à l'engrais minéral (▲) à une dose de 100 % ; de témoin non-fertilisé(X)

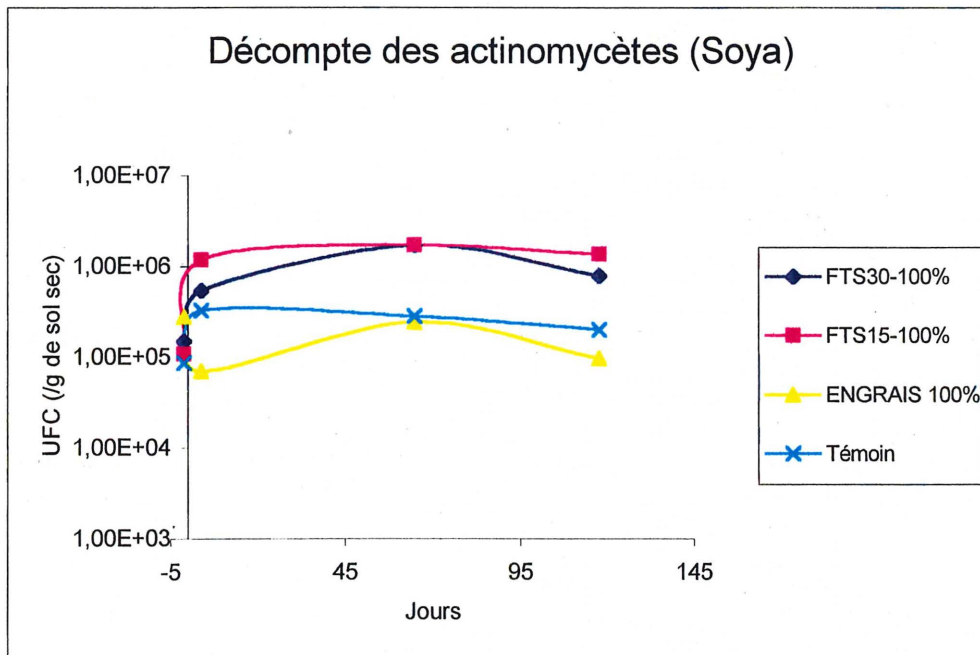
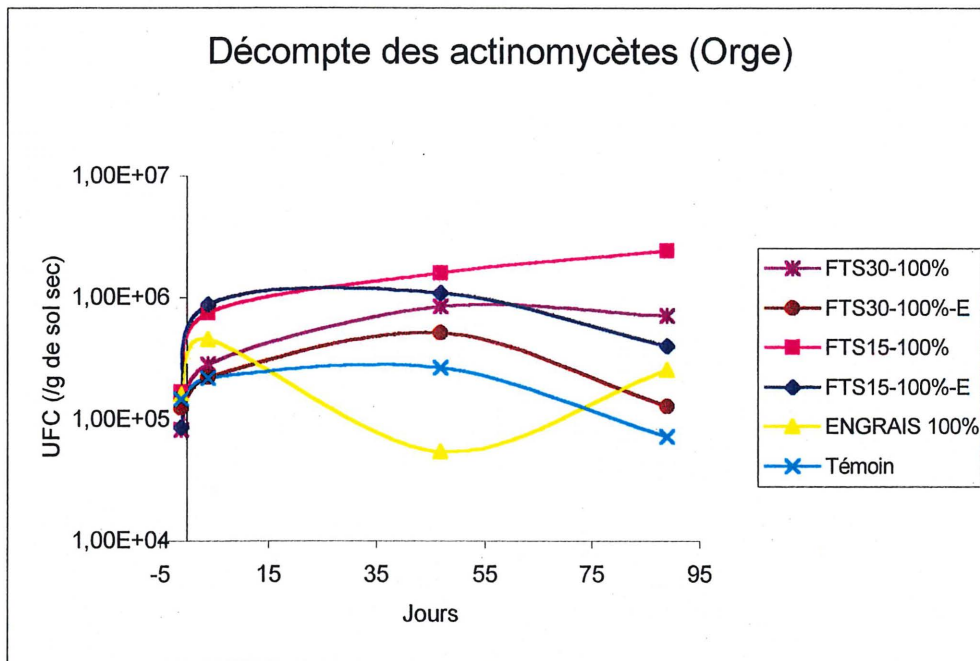


Figure 11. Décompte des actinomycètes lors des essais en champs (2^e essai) en présence de compost de fumier/tourbe/sciures (◆ FTS) ayant eu un amendement de 30% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose 100%; de compost de fumier/tourbe/sciures (● FTS) ayant eu un amendement de 30% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose 100% sans que les exigences aient été complétées avec l'engrais minéral; de compost de fumier/tourbe/sciures (■ FTS) ayant eu un amendement de 15% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose de 100 %; de compost de fumier/tourbe/sciures (◆ FTS) ayant eu un amendement de 15% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose 100% sans que les exigences aient été complétées avec l'engrais minéral; de témoin fertilisé à l'engrais minéral (▲) à une dose de 100 % ; de témoin non-fertilisé(X)

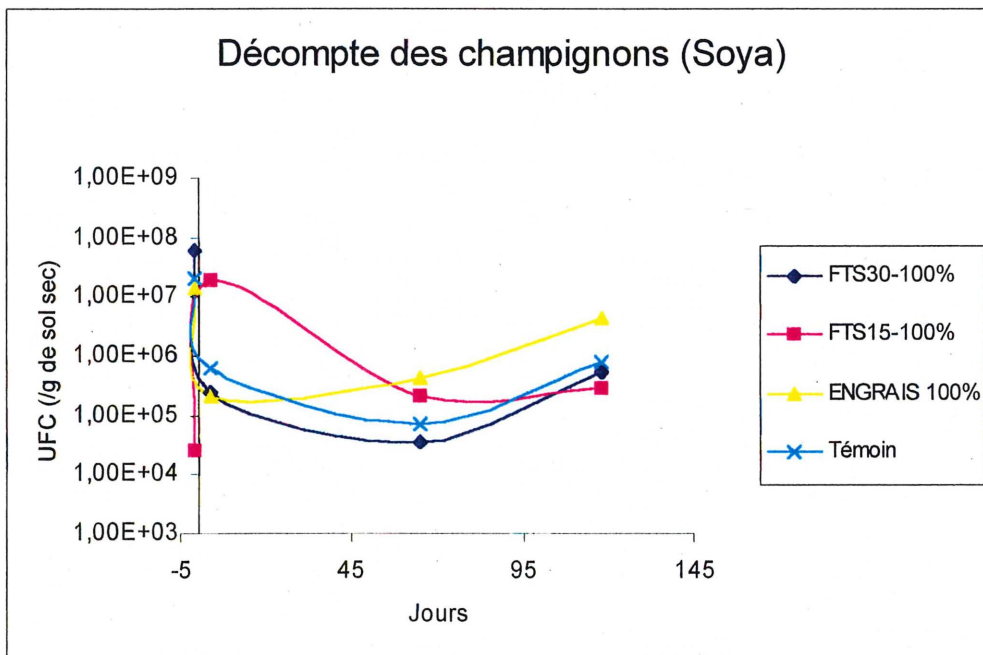
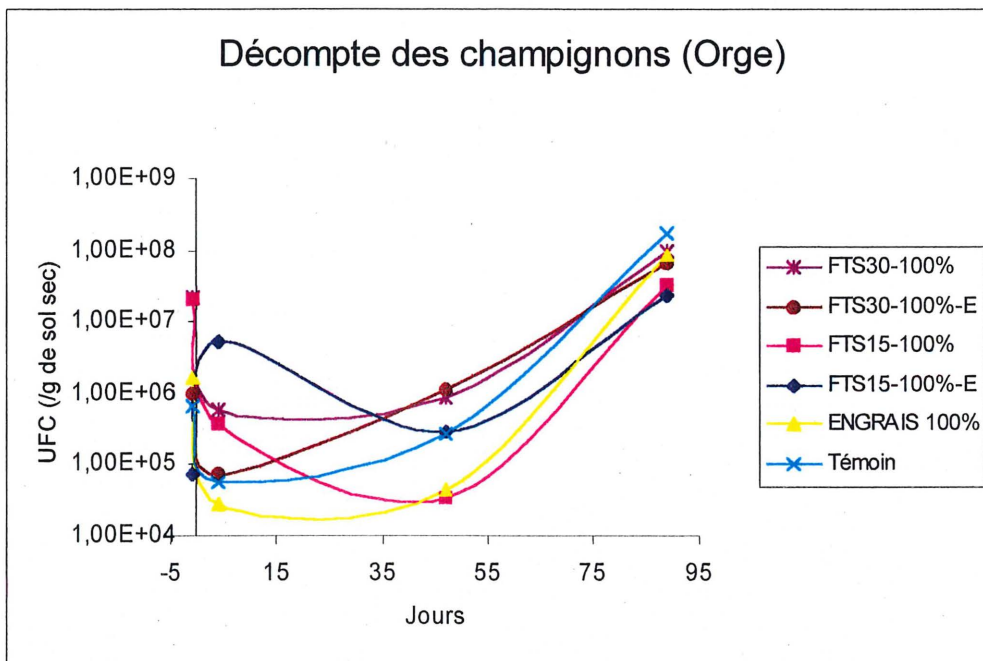


Figure 12. Décompte des champignons lors des essais en champs (2^e essai) en présence de compost de fumier/tourbe/sciures (◆ FTS) ayant eu un amendement de 30% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose 100%; de compost de fumier/tourbe/sciures (● FTS) ayant eu un amendement de 30% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose 100% sans que les exigences aient été complétées avec l'engrais minéral; de compost de fumier/tourbe/sciures (■ FTS) ayant eu un amendement de 15% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose de 100 %; de compost de fumier/tourbe/sciures (◆ FTS) ayant eu un amendement de 15% de carapaces de crevettes et appliqué à une dose 100% sans que les exigences aient été complétées avec l'engrais minéral; de témoin fertilisé à l'engrais minéral (▲) à une dose de 100 % ; de témoin non-fertilisé (X)

CHAPITRE III

DISCUSSION

Le but de ce projet était de vérifier les propriétés fertilisantes de composts à base de résidus d'invertébrés marins. Les essais effectués ont permis de déterminer l'effet de différents amendements en matière organique sur les propriétés physiques des cultures végétales. Il a aussi permis d'étudier l'impact d'un ajout en compost sur les propriétés physiques, chimiques et microbiologiques du sol.

L'ensemble des résultats obtenus nous démontre que l'amendement en composts à base de résidus d'invertébrés marins confère des propriétés fertilisantes intéressantes. En effet, nous avons observé que les résultats obtenus lors des essais avec les différents composts sont comparables aux résultats notés lors d'une fertilisation à l'engrais minéral. Bien que tous les composts testés possèdent des propriétés fertilisantes, il est indéniable que leur composition et leur degré de maturation affectent leurs caractéristiques.

Le premier essai, effectué en serre, a permis de constater que la formulation du compost peut jouer un rôle auprès des propriétés fertilisantes des composts. Si on compare les résultats obtenus pour les deux formulations utilisées, on constate que le compost de type FTS confère de meilleures propriétés physiques aux plants que le compost de type CT₂S₂ (Tableau 30). Particulièrement pour ce qui est de la production des grains et la hauteur des plants d'orge (Tableau 1). Ce résultat peut être justifié par la nature des intrants de départ ; il est possible que le fumier, en plus de fournir l'azote nécessaire, procure d'autres éléments au compost résultant en un produit final plus équilibré.

Dans le même ordre d'idée, cet essai a aussi permis de constater que le degré de maturité des composts peut influencer ses propriétés. Il semble que la production de paille, observée par le poids aérien, tend à être favorisée par un compost moins mûr (Tableau 1 à 4) alors que la production de grains est favorisée par un compost mûr et ce, tant pour la culture d'orge que de soya (Tableaux 1 et 2). Bien que ces résultats semblent intéressants, il appert que certaines observations ne soient pas différentes significativement du témoin non-fertilisé. Il semblerait que le sol utilisé pour les essais en serre était plutôt riche en terme d'éléments minéraux. Ainsi, les conclusions obtenues ont dû être vérifiées par le biais d'expérimentation en champs.

Les résultats obtenus pour ces essais démontrent qu'un compost plus mature (FTS 30 jours) améliore la croissance générale des cultures végétales. En effet, le rendement des cultures est augmenté et la croissance des plants favorisée (Tableau 11). Plusieurs études antérieures avaient effectivement démontré qu'un amendement organique favorise la croissance des plants (Alvarez *et al.* 1994 ; Hountin *et al.* 1995 ; Lumdsen *et al.*, 1983 ; Sarathchandra *et al.*, 1996 ; Senesi 1989). En fait, les composts stabilisés, c'est-à-dire mûrs, libèrent graduellement des éléments minéraux utiles au bon développement de la plante et engendrent des rendements plus élevés.

Le deuxième essai en champ, pour sa part, a permis de comparer deux degrés d'amendement en carapaces de crevettes. Les résultats démontrent clairement qu'il n'y a aucune différence entre le rendement des cultures végétales lorsque ces deux composts sont comparés entre eux. Toutefois, les résultats obtenus sont semblables aux résultats observés lors d'une fertilisation à l'engrais minéral. Ce résultat est plutôt intéressant puisqu'il nous indique que l'utilisation de carapaces de crustacés marins lors de la fabrication de compost peut être réduite sans que ses propriétés fertilisantes ne soient affectées. Ainsi, l'apport en compost est aussi efficace qu'une fertilisation à l'engrais minéral. Les propriétés des plantes ne sont pas affectées de façon négative et même, dans certain cas, elles sont améliorées. Ces essais ont aussi permis de

confirmer, tel que l'avait observé Roy (1996), que le compost n'est pas phytotoxique ; on peut remarquer que le nombre de plants par mètre carré observé durant les essais en champs est similaire pour tous les traitements (Tableaux 11, 12, 24 et 25). Cela implique que le compost n'a pas affecté la germination des graines et n'est pas toxique. Une autre observation nous indiquant que le compost est un fertilisant efficace est le nombre de jour nécessaire aux cultures végétales pour atteindre leur maturité. Les essais en champs ont démontré que la maturité était atteinte au même moment pour tous les traitements à l'exception des traitements « Témoin négatif » où la maturité était plus hâtive d'une à deux journées (Résultats non-présentés).

Tableau 30. Compilation des résultats obtenus pour l'effet des composts sur le rendement des cultures végétales

Essai	Culture	Sol	Traitement le plus favorable
Serre	Orge	Léger	FTS 30 et 10jrs
Serre	Soya	Léger	FTS 30 et 10jrs
Serre	Orge	Argileux	CT ₂ S ₂
Serre	Soya	Argileux	*
Champ 1	Orge	----	FTS 30 jours
Champ 1	Soya	----	FTS 30 jours
Champ 2	Orge	----	*
Champ 2	Soya	----	*

*Aucune différence significative entre les traitements amendés en composts

Il est bien connu que l'apport en compost favorise généralement une augmentation du contenu en éléments minéraux des tissus végétaux (Ali, 1996, Hountin, 1995). L'ensemble des résultats présentés aux tableaux 13 à 16 démontrent que la teneur en azote, phosphore et potassium des plants et des grains n'est pas affectée par l'ajout de compost au sol. La raison possible expliquant ceci est que le sol utilisé pour les essais contenait des éléments minéraux suffisants pour assurer une assimilation par les plantes mais, trop pauvre pour permettre un développement adéquat sans apport externe en engrais. Ainsi, les plants ont réussi à assimiler une quantité suffisante d'éléments minéraux pour leur croissance mais leur production en a été affectée. L'utilisation d'un sol très pauvre aurait permis une meilleure observation des effets du compost sur l'assimilation des minéraux par les cultures.

Le second objectif de ce projet était de vérifier l'effet d'un amendement en compost chitineux sur les propriétés physico-chimiques du sol. Selon Lumdsen *et al.* (1983) et Senesi (1989), l'apport en matière organique modifie les propriétés du sol ce qui engendre une augmentation de la production végétale. Pour notre part, nous avons constaté que l'ajout de compost n'influence que très peu les caractéristiques du sol. Effectivement, le pH, le contenu en matière organique, la capacité de rétention en eau, la masse volumétrique ainsi que la capacité d'échange cationique n'ont pas été influencés par l'amendement organique. Il semble toutefois que le contenu du sol en éléments minéraux a été influencé par l'amendement. Les résultats en serre tendent à démontrer que le compost de type CT₂S₂ augmenterait la teneur en azote ammoniacal, en nitrate et en phosphore total particulièrement pour la culture de soya. L'augmentation du taux de phosphore total dans le sol est aussi notée pour le compost de type FTS. Cette observation peut s'expliquer par le fait que ce compost contient des résidus de carapaces de crevettes et que ceux-ci sont une bonne source d'azote et de phosphore pour les cultures (Hountin *et al.*, 1995).

Le fait que les propriétés du sol ne soient que très peu affectées par l'ajout de matière organique est contradictoire à ce que la littérature rapporte. La raison expliquant cette

différence est sans aucun doute le moment de l'échantillonnage. Les doses de composts appliquées répondaient exactement aux exigences des cultures ; la prise des échantillons de sol, pour déterminer les propriétés physico-chimiques, ne s'est faite qu'après la récolte des plants. Ainsi, les propriétés ont pu se modifier tout au long des essais. Il aurait été intéressant de faire le suivi des propriétés physico-chimiques tout au long des essais ; soit avant l'ajout de matière organique, durant l'essai et au moment de la récolte pour déterminer de façon précise l'effet du compost sur le sol. De plus, il a été démontré que les modifications de propriétés du sol sont un effet à long terme de l'application de matière organique (Jellum *et al.*, 1995) ; la répétition des essais, effectuée avec les mêmes formulations de compost et au même endroit que l'année précédente aurait pu nous permettre de démontrer l'effet véritable de l'application de compost sur les propriétés du sol.

Finalement ces essais ont aussi permis de faire un suivi de certains groupes de microorganismes présents dans le sol. Les résultats obtenus en serre et en champs, bien que quelque peu différents, suivent une même tendance. Les légères variations entre ces essais sont causées par le type de sol utilisé, qui est différent selon l'essai, ainsi que les conditions climatiques. En serre, la température ainsi que l'humidité étaient contrôlées contrairement aux essais en champs. Ce qui implique que certains groupes de microorganismes peuvent avoir été favorisés ou défavorisés dans certaines conditions précises.

Les résultats obtenus démontrent que l'amendement en compost n'a pas affecté le nombre total de microorganismes contenus dans le sol. Il semble toutefois que certains groupes de microorganismes aient été favorisés par l'ajout de compost. En effet, on remarque que le nombre de bactéries chitinolytiques lors de l'amendement en compost moins mûr, comme le FTS 10 jours, est plus élevé au début de l'essai (Figure 2, 6 et 10). On explique cette augmentation par le fait que la chitine présente dans les composts n'est que partiellement dégradée. Ainsi, la microflore contenue dans ces composts doit posséder un bagage enzymatique pour dégrader cette molécule. Puisqu'un amendement en compost permet aussi l'ajout d'une microflore exogène, il est normal de voir le nombre de bactéries chitinolytiques

légèrement supérieur lors d'un amendement en compost moins mûr. On remarque aussi que le nombre d'actinomycètes présent dans le sol est souvent supérieur pour les parcelles où un l'ajout de compost a été effectué. Les résultats obtenus par Leclerc (1997) ont permis d'établir une corrélation entre les bactéries chitinolytiques et les actinomycètes. De même, Mitchell et Alexander (1962) ont démontré que la chitine est sélective pour les actinomycètes. Ainsi, les composts à base de chitine posséderaient une microflore riche en actinomycètes.

Enfin, les résultats obtenus pour le décompte de la population fongique sont très peu différents entre les traitements. Bien que les composts chitineux possèdent des propriétés fongistatiques (Labrie, 1999), on ne remarque aucune différence dans le temps nous indiquant que l'ajout de compost chitineux inhibe le développement des champignons. Malheureusement, comme le mentionne van Elsa (1997), les résultats obtenus pour le dénombrement de population fongique ne doivent pas être interprétés avec trop de rigueur puisque la technique de dénombrement par boîtes de pétri n'est pas des plus fiables. De plus, il est bien connu qu'un amendement en compost favorise parfois la prolifération de champignons antagonistes à certains pathogènes (Sivapalan, 1993; Sarathchandra, 1996). Ainsi, il se peut que la population fongique pathogène soit effectivement diminuée suite à l'amendement mais que les résultats obtenus ne démontrent aucune variation.

CONCLUSION

À la lumière de ces résultats nous pouvons conclure que les composts à base de résidus d'invertébrés marins possèdent des propriétés fertilisantes intéressantes. En général, les résultats ont démontré que l'utilisation de composts comme fertilisants est aussi efficace que l'utilisation d'engrais minéral. Ces essais ont permis de constater que la formulation et le degré de maturation des composts peuvent influencer les caractéristiques finales du produit. Le compost le plus favorable au rendement des cultures végétales était composé de fumier, de tourbe et de sciures en proportion 1:1:1 ayant un degré de maturation de 30 jours. Le pourcentage de carapaces de crevettes utilisé pour l'amendement du compost n'affecte aucunement les propriétés fertilisantes du produit.

Ces essais ont aussi permis de constater que l'ajout de compost n'a que très peu affecté les propriétés physico-chimiques du sol. Cependant, la microflore du sol a été modifiée ; le nombre total de microorganismes n'a pas été affecté mais, nous avons constaté une augmentation du nombre de bactéries chitinolytiques au début des essais. De plus, le nombre d'actinomycètes présent dans les sols amendés de composts était plus élevé. Finalement, le nombre de champignons n'est pas influencé par les traitements effectués.

L'utilisation de composts chitineux permet donc d'augmenter la qualité de l'environnement ; il permet d'abord de réduire la pollution causée par les déchets d'invertébrés marins et de diminuer l'application de produits chimiques tels fongicides et fertilisants tout en recyclant des déchets organiques. Ces observations peuvent donc avoir des retombées importantes au niveau de l'agriculture, de l'environnement et surtout auprès de notre société qui prône de plus en plus le respect de l'environnement.

ANNEXES

Annexe 1. Éléments minéraux contenus dans les plants d'orge (1^{er} essai en champs)

Traitement	Dose (%)	Al (ppm)	Ca (%)	Cu (ppm)	Mg (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
FTS-30 jrs	100	98,38 a	0,343 a	1,995 a	0,041 a	5,319 ab	10,305 a
FTS-30 jrs	50	223,57 a	0,286 a	2,328 a	0,036 ab	8,982 a	10,311 a
FTS-30 jrs	50-E	77,51 a	0,318 a	1,996 a	0,039 ab	3,994 b	12,314 a
FTS-10 jrs	100	44,89 a	0,371 a	2,327 a	0,037 ab	5,652 ab	7,915 a
FTS-10 jrs	50	139,22 a	0,324 a	1,333 a	0,033 ab	4,664 ab	9,660 a
FTS-10 jrs	50-E	50,23 a	0,316 a	2,328 a	0,032 b	4,326 ab	14,966 a
Engrais	100	40,96 a	0,318 a	1,665 a	0,032 b	4,329 ab	15,984 a
Engrais	50	79,48 a	0,322 a	2,329 a	0,036 ab	6,652 ab	9,978 a
Engrais	0	60,20 a	0,338 a	2,330 a	0,036 ab	4,989 ab	11,644 a
Témoin négatif		230,12 a	0,230 a	1,330 a	0,043 a	7,980 a	11,969 a

FTS: compost de fumier/tourbe/sciures en proportion 1:1:1

Engrais: fertilisé à l'engrais minéral

Témoin négatif: non-fertilisé

jrs: nombre de jours de maturation du compost

* : exigences de la plante en phosphore comblés par l'ajout de compost ou d'engrais

Annexe 2. Éléments minéraux contenus dans les grains d'orge (1^{er} essai en champs)

Traitement	Dose (%)	Al (ppm)	Ca (%)	Cu (ppm)	Mg (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
FTS-30 jrs	100	53,18 a	0,062 a	3,657 b	0,085 a	10,308 a	30,576 ab
FTS-30 jrs	50	49,58 a	0,052 a	3,826 ab	0,079 ab	12,971 a	30,858 ab
FTS-30 jrs	50-E	27,27 a	0,047 a	3,324 b	0,081 ab	8,311 a	30,023 ab
FTS-10 jrs	100	20,30 a	0,057 a	4,323 ab	0,080 ab	8,649 a	36,190 a
FTS-10 jrs	50	46,55 a	0,056 a	3,656 b	0,076 ab	7,315 a	27,438 ab
FTS-10 jrs	50-E	14,63 a	0,050 a	3,991 ab	0,077 ab	6,983 a	30,463 ab
Engrais	100	16,63 a	0,053 a	3,991 ab	0,082 ab	10,308 a	31,841 ab
Engrais	50	32,56 a	0,046 a	3,992 ab	0,077 ab	9,978 a	28,198 ab
Engrais	0	10,31 a	0,045 a	4,326 ab	0,075 b	9,652 a	27,329 b
Témoin négatif		54,24 a	0,059 a	4,988 a	0,085 a	9,645 a	32,479 ab

Légende: idem à Annexe 1

Annexe 3. Éléments minéraux contenus dans les plants de soya (1^{er} essai en champs)

Traitement	Dose (%)	Al (ppm)	Ca (%)	Cu (ppm)	Mg (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
FTS-30 jrs	100	113,39 ab	0,678 a	7,648 a	0,202 a	5,321 a	8,314 a
FTS-30 jrs	50	77,50 b	0,625 a	6,984 a	0,205 a	4,988 a	8,648 a
FTS-30 jrs	50-E	124,72 ab	0,721 a	7,983 a	0,212 a	5,988 a	6,986 a
FTS-10 jrs	100	167,18 a	0,710 a	7,660 a	0,217 a	5,995 a	7,326 a
FTS-10 jrs	50	122,50 ab	0,732 a	7,325 a	0,220 a	4,993 a	9,987 a
FTS-10 jrs	50-E	137,13 ab	0,670 a	6,657 a	0,208 a	5,993 a	7,654 a
Engrais	100	136,71 ab	0,672 a	7,650 a	0,221 a	5,987 a	6,653 a
Engrais	50	126,67 ab	0,605 a	7,980 a	0,211 a	4,323 a	7,980 a
Engrais	0	78,03 b	0,566 a	9,963 a	0,198 a	4,981 a	10,627 a
Témoin négatif		106,14 ab	0,720 a	8,985 a	0,218 a	4,325 a	6,987 a

Légende: idem à Annexe 1

Annexe 4. Éléments minéraux contenus dans les grains de soya (1^{er} essai en champs)

Traitement	Dose (%)	Al (ppm)	Ca (%)	Cu (ppm)	Mg (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
FTS-30 jrs	100	212,47 a	0,212 b	15,964 a	0,172 a	21,948 a	38,161 a
FTS-30 jrs	50	215,69 a	0,214 b	15,623 a	0,168 a	26,920 a	36,765 a
FTS-30 jrs	50-E	185,20 a	0,208 b	15,961 a	0,173 a	21,618 a	36,953 a
FTS-10 jrs	100	182,28 a	0,211 b	16,614 a	0,173 a	20,597 a	35,803 a
FTS-10 jrs	50	154,02 a	0,200 b	16,627 a	0,173 a	19,954 a	37,125 a
FTS-10 jrs	50-E	225,05 a	0,210 b	16,622 a	0,166 a	22,272 a	35,393 a
Engrais	100	204,18 a	0,247 a	16,628 a	0,170 a	22,945 a	36,527 a
Engrais	50	215,27 a	0,215 b	16,967 a	0,176 a	21,293 a	39,417 a
Engrais	0	173,95 a	0,203 b	16,295 a	0,174 a	22,616 a	36,694 a
Témoin négatif		242,64 a	0,205 b	16,293 a	0,172 a	23,274 a	38,625 a

Légende: idem à Annexe 1

Annexe 5. Éléments minéraux contenus dans le sol (culture d'orge; 1^{er} essai en champs)

Traitement	Dose (%)	Ca (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mg (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
FTS-30 jrs	100	1542,0 a	3,77 a	73,2 a	51,10 a	33,60 a	3,77 a
FTS-30 jrs	50	1586,0 a	3,87 a	76,0 a	58,43 a	32,80 a	3,77 a
FTS-30 jrs	50-E	1505,0 a	3,83 a	97,6 a	52,87 a	38,77 a	3,30 a
FTS-10 jrs	100	1688,7 a	4,07 a	96,4 a	58,67 a	38,80 a	3,67 a
FTS-10 jrs	50	1469,0 a	3,57 a	77,0 a	51,37 a	32,53 a	3,60 a
FTS-10 jrs	50-E	1487,0 a	3,97 a	71,3 a	56,73 a	30,20 a	3,37 a
Engrais	100	1509,3 a	3,73 a	74,3 a	54,27 a	32,70 a	3,77 a
Engrais	50	1510,3 a	4,00 a	101,5 a	49,87 a	41,83 a	3,63 a
Engrais	0	1366,7 a	4,03 a	77,7 a	51,97 a	32,97 a	3,87 a
Témoin négatif		1599,7 a	3,70 a	72,0 a	49,37 a	31,80 a	3,63 a

Légende: idem à Annexe 1

Annexe 6. Éléments minéraux contenus dans le sol (culture de soya; 1^{er} essai en champs)

Traitement	Dose (%)	Ca (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mg (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
FTS-30 jrs	100	1670,7 a	4,60 a	78,0 a	50,87 a	35,90 a	4,07 a
FTS-30 jrs	50	1751,0 a	3,63 a	75,8 a	49,30 a	32,53 a	3,53 a
FTS-30 jrs	50-E	1633,3 a	3,83 a	76,5 a	44,70 a	33,10 a	3,80 a
FTS-10 jrs	100	1519,3 a	4,03 a	76,7 a	43,73 a	30,47 a	4,23 a
FTS-10 jrs	50	1640,0 a	4,50 a	76,1 a	51,53 a	30,63 a	4,03 a
FTS-10 jrs	50-E	1586,7 a	3,60 a	74,6 a	46,20 a	31,60 a	3,53 a
Engrais	100	1525,3 a	3,60 a	80,0 a	39,73 a	31,27 a	3,47 a
Engrais	50	1702,3 a	3,93 a	75,6 a	44,70 a	34,37 a	3,73 a
Engrais	0	1551,7 a	4,07 a	77,0 a	51,43 a	32,70 a	3,57 a
Témoin négatif		1438,7 a	3,87 a	79,2 a	32,43 a	33,67 a	3,43 a

Légende: idem à Annexe 1

BIBLIOGRAPHIE

ALI, M., HORIUCHI, T. et MIYAGAWA, S. 1997. Nodulation, nitrogen fixation and growth of soybean plants (*Glycine max* Merr.) in soil supplemented with chitin and chitosan. *Jpn. J. Crop Sci.* 66:100-107.

ALVAREZ, M.A., GAGNE, S. et ANTOUIN, H. 1995. Effect of compost on rhizosphere microflora of tomato and on the incidence of plant growth-promoting rhizobacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 61:194-199.

BARBER, M.S. et RIDE, J.P. 1994. Levels of elicitor-active $\beta(1-4)$ linked N-acetyl-D-glucosamine oligosaccharides in the lignifying tissues of wheat. *Phys. Mol. Plant Pathol.* 45:37-45.

BELL, D.F. 1964. Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non-calcareous soils. *J. Soil Sci.* 15:84-92.

BLACK, C.A. 1965. Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9. Amer. Soc. Agron. Madison, Wisc. pp. 917-918.

BLAIR, G. et LEFROY, R. 1993. Interpretation of soil tests: a review. *Aust. J. Exp. Agric.* 33:1045-1052.

CARTER, M. R. 1993. Soil sampling and methods of analysis. *Can. J. Soil Sci.* pp.25-38.

CHAPMAN, H.D. 1965. Cation-exchange capacity in agronomy. No 9. Methods of Soil Analysis. Part 2. Black, C.A. éd. pp.891-901.

CHEN, W., HOINTINK, H.A.J. et CHMITTHENNER, A.F. 1987. Factor affecting suppression of *Pythium* damping-off in container media amended with composts. *Phytopathol.* 77:755-760.

CHEN, W., HOINTINK, H.A.J., CHMITTNER, A.F. et TUOVINEN, O.H. 1988. The role of microbial activity on the suppression of damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathol.* 78:314-322.

CONSEIL DE PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC. 1988. Détermination de la matière organique par incinération. Bibliothèque Nationale. MA-2. P.1.

CONSEIL DE PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC. 1993. Détermination de l'azote ammoniacal. Bibliothèque Nationale. Adgex 533, AZ3.

CONSEIL DE PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC. 1988. Détermination du pH à l'eau. Bibliothèque Nationale. PH-1. p.1.

CONSEIL DE PRODUCTION VÉGÉTALES DU QUÉBEC. 1993. Détermination des minéraux et oligo-éléments par la méthode Mehlich. Bibliothèque Nationale. ME-1. pp.1-10.

CONSEIL DE PRODUCTION VÉGÉTALES DU QUÉBEC. 1993. Oligo-éléments extractible au HCl 0.1 N. Bibliothèque Nationale. OL-1. p.1.

DAVET, P. 1996. Vie microbienne du sol et production végétale. Ed. INRA. Paris. 383p.

ELSA, J.D. van, TREVORS, T. et WELLINGTON, E.M. 1997. *Modern soil microbiology*. Ed. Marcel Dekker Inc. NY. 683p.

GHAOUTH, A., ARUL, J., GRENIER, F., BENHAMOU, N., ASSELIN, A. et BÉLENGER, R. 1994. Effect of chitosan on cucumber plants: Suppression of *Pythium alphanidermatum* and induction of defense reactions. *Phytopathol.* 85:313-320.

GROS, A. 1960. *Guide pratique de fertilisation*. 2^e éd. La maison rustique. Paris. pp.45-245.

GRIFFITHS, B.S. 1994. Microbial-feeding nematodes and protozoa in soil: their effects on microbial activity and nitrogen mineralisation in decomposition hotspots and the rhizosphere. *Plant Soil.* 164:25-33.

GUIDE DE FERTILISATION. 1994. Association des fabricants d'engrais de Québec. 4^e édition. pp. 29-31.

HIRANO, S. et NAGAO, N. 1989. Effects of chitosan, pectic acid, lysosyme, and chitinase on the growth of several phytopathogens. *Agric. Biol. Chem.* 53:3065-3066.

HOUNTIN, J.A., KARAM, A. et PARENT, L.É. 1995. Effect of peat moss-shrimp waste compost on the growth of barley (*Hordeum vulgare L.*) on a loamy sand soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 26:3275-3289.

HOITINK, J. et FAHY, P.C. 1986. Basic for the control of soilborne plant pathogens with composts. *Annu. Rev. Phytopathol.* 24:93-114.

INDIATI, R., IZZA, C., FIGLIOLIA, A., FELICI, B., COPPOLA, E., BUONDONNO, C. et BUONDONNO, A. 1997. Comparing tests for soil fertility. III. Evaluation of phosphate availability in alfisols by Olsen, Mehlich 3, electro-ultrafiltration, and the paper-strip methodology procedures. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 28:997-1009.

ISAAC, R.A. et JOHNSON, W.C. 1976. Determination of total nitrogen in plant tissue using a block digester. *Journal of the AOAC.* Vol. 59. no.1. USA.

JACKSON, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis.* Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs. N.J. pp.57-81.

JELLUM, E.J., KUO, S. et SAINJU, U. 1995. Mineralisation and plant availability of nitrogen in seafood waste composts in soil. *Soil Sci.* 160:125-135.

JODICE, R. et NAPPI, N. 1987. Microbial aspects of compost application in relation to mycorrhiza and nitrogen fixing organisms. Dans: M. Debertoldi, M.P. Ferranti, P. L'Hermite, F. Zucconi (eds) *Compost: production, quality and use.* Elsevier Applied Science. London.

KELLING, A.A., GRIFFITHS, B.S., RITZ, K. et MYERS, M. 1995. Effect of compost stability on plant growth, microbiological parameters and nitrogen availability in media containing mixed garden-waste compost. *Garden-waste composts and grass growth.* Ed. Elsevier. pp. 279-284.

KENDRA, D.F. et HADWINGER, L.A. 1984. Characterization of the smallest chitosane oligomer that is maximally antifungal to *Fusarium solani* and elicits pisantin formation in *Pisum sativum*. *Exp. Mycol.* 8:276-281.

KENDRA, D.F., CHRISTIAN, D. et HADWINGER, L.A. 1989. Chitosan oligomers from *Fusarium solani*/pea interactions, chitinase/ β -glucanase digestion of sporelings and from fungal wall chitin actively inhibit fungal growth and enhance disease resistance. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 35:215-230.

KUROSAKI, F. TASHIRO, N. et NISHI, A. 1986. Induction of chitinase and phenylalanine ammonia-lyase in cultured carrot cells treated with fungal mycelial walls. *Plant Cell. Physiol.* 27:1587-1591.

LABRIE, C. 1999. Recherche sur les propriétés phytoprotectrices de composts de résidus chitineux. Mémoire de maîtrise. Biologie. Université de Sherbrooke. Sherbrooke (Qc). 76 p.

LECLERC, P. 1997. Caractérisation microbiologique des composts à base de résidus chitineux. Mémoire de maîtrise. Biologie. Université de Sherbrooke. Sherbrooke (Qc). 62 p.

LEROUX, A. 1997. Vers une agriculture durable, l'utilisation des produits de compostage: le point de vue des agriculteurs et agricultrices. Mémoire de maîtrise. Éducation. Université de Sherbrooke. Sherbrooke (Qc). 120 p.

LINGAPPA, Y. et LOCKWOOD, J.L. 1961. A chitin medium for isolation, growth and maintenance of actinomycetes. *Nature.* 189:158-159

LUMSDEN, R.D., LEWIS, J.A. et PAPAIVIZAS, G.C. 1983. Effect of organic amendements on soils borne plant diseases and pathogen antagonists. Dans *Environmentally Sound Agriculture*. Lockeretz. W. Éd. Praeger Publishing. NY. pp 51-70.

LORCH, H-J.M., BENCKIESER, G. et OTTOW, J.C.G. 1995. Basic methods for counting microorganisms in soil and water. *Meth. Appl. Soil Microbiol. Biochem.* pp146-161.

McQUILKEN, M.P., WHIPPS, J.M. et LYNCH, J.M. 1994. Effects of water extracts of a composted manure straw mixture on the plant pathogen *Botrytis cinerea*. World J. Microb. Biotech. 10:20-26.

MATHUR, S.P., DAIGLE, J.Y., BROOKS, J.L., LÉVESQUE, M. et ARSENAULT, J. 1988. Composting seafood wastes. Biocycle. 29:44-49.

MEHLICH, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: a modification of mehlich 2 extractant. Comm. Soil. Sci. Plant Anal. 15:1409-1416.

METTING, B.F. 1993. Soil microbial ecology. Application in Agricultural and Environmental Management. Ed. Marcel Dekker Inc. NY. 646p.

MITCHELL, R. et ALEXANDER, M. 1962. Microbiological processes associated with the use of chitin for biological control. Soil Sci. Am. Proc. 26:556-558.

MURRILO, J.M., CABRERA, F. LÓPEZ, R. et MARTIN-OLMEDO, P. 1994. Testing low-quality urban compost for agriculture: germination and seedling performance of plants. Agric. Ecosyst. Environ. 54:127-135.

MUZZARELLI, R.A.A, 1993. Chitin oligomers produced by HF-solvolysis. Induced resistance reaction in higher plants. Chitin Enzymology. Ed. Muzzarelli, R.A.A. European Chitin Society. Ancona. pp.437-440.

MUZZARELLI, R.A.A, 1993. Use of chitin and chitosan in biological control of plant diseases. Chitin Enzymology. Ed. Muzzarelli, R.A.A. European Chitin Society, Ancona. pp.265-270.

OLSEN, S.R. et SOMMER L.E. 1982. Phosphorus. Dans: Methods of soil analysis. 2nd ed. A.L. PAGE, R.H. MILLER & D.R. KEENEY (eds). Agronomy series. No 9. Part 2. Soil Science of America Inc. Madison. WI.

OKAFOR, N. 1966. Ecology of micro-organisms on chitin buried in soil. J. Gen. Microbiol. 44:311-327.

PAUL, E.A. et CLARK, F.E. 1996. Soil microbiology and biochemistry. 2^e ed. Academic Press. NY. 340p.

RAIJ, B. 1994. New diagnostic techniques, universal soil extractants. Commun. Soil Sci. Anal. 25:799-816.

ROY, S. 1996. Revalorisation de la biomasse chitineuse par voie de compostage. Mémoire de maîtrise. Biologie. Université de Sherbrooke. Sherbrooke (Qc). 78p.

ROY, S., LECLERC, P. AUGER, F., SOUCY, G., MORESOLI, C. CÔTÉ, L. POTVIN, D., BEAULIEU, C. et BRZEZINSKI, R. 1997. A novel two-phase composting process using shrimp shells as an amendement to partly composted biomass. Compost Sci. Util. 4:52-64.

SARATHCHADRA, S.U., WATSON, R.N., COX, N.R., MENNA, M.E., BROWN, J.A., BURCH, G. et NEVILLE, F.J. 1996. Effects of chitin amendement of soil on microorganisms, nematodes, and growth of white clover (*Trifolium repens L.*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne L.*). Biol. Fertil. Soils. 22:221-226.

SAS Institute Inc. 1984. SAS/EST User guide. Statistics. Version 5. SAS Institute Inc. Cary. NC.

SENESI, N. 1989. Composted materials as organic fertilizers. Sci. Total Environ. 81:521-542.

SCHUMAN, G.E., STANLEY, M.A. et KNUDSEN, D. 1973. Automated total nitrogen analysis of soil and plant samples. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37(3):480-481.

SIVAPALAN, A., MORGAN, W.C. et FRANZ, P.R. 1993. Monitoring populations of soil microorganisms during a conversion from a conventional to a organic system of vegetal growing. Biol. Agric. Hortic. 10:9-27.

SOUCY, G., MORESOLI, C., THIFFAULT, F. et BRZEZINSKI, R. 1998. Analyse économique de compostage de résidus marins. Vecteur Environnement. 31:38-44.

SOMMERS, L.E. et NELSON D.W. 1972. Determination of total phosphorus in soils: a rapid perchloric acid digestion procedure. Soil Sci. Am. Proc. 36:902-904.

TANDON, H.L.S., CESCAS, M.P. et TYNER, E.H. 1968. An acid-free vanadate-molybdate reagent for the determination of total phosphorus in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32:48-51.

TIFFAULT, F. 1997. Étude technico-économique du compostage de résidus marins. Mémoire de maîtrise. Génie chimique. Université de Sherbrooke. Sherbrooke (Qc). 130 p.

TWEDDELL, R., OLAH, G.M., KARAM, A. et GOSSELIN, A. 1993. Effect of storage temperature on the properties and productivity of spawned mushroom compost blocks. *NZ J. Crop Hortic. Sci.* 21:283-289.

Technicon instrumental corporation. 1974. Digestion and sample preparation for the analysis of total kjeldahl nitrogen and/or phosphorus in food and agricultural products using the technicon BD-20 block digester. Industrial method. No 369-75 A/A. NY. pp.1-4.

VRUGGINK, H. 1970. The effect of chitin amendment on actinomycetes in soil and on the infection of potato tubers by *Steptomyces scabies*. *Neth. J. Plant Path.* 76:293-295.

WALSH, L.M. 1971. Instrumental method for analysis of soil and plant tissue. Soil Science Society of America Inc. Madison, Wisconsin, USA. pp. 17-37.