



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master
En sciences agronomiques.
Option: Science du sol.

Thème

**Etude de la faune au cours du Co-compostage
des boues résiduaires urbaines**

Encadré par :

M^{me} OMOURI O.

Réalisé par :

M^{lle} YOUSFI Wahiba

Soutenu publiquement le : 31/10 /2019 devant le jury composé de :

Présidente : M^{me} BOURBIA S.	MCA	(UMMTO)
Promotrice : M^{me} OMOURI O.	MAA	(UMMTO)
Co-promotrice : M^{lle} ISSAOUN D.	Doctorante	(UMMTO)
Examinatrice : M^{me} HEDJAL M.	MCA	(UMMTO)
Examinatrice : M^{lle} AIT AMER S.	Doctorante	(UMMTO)

Promotion : 2018/2019



Remerciement

Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné le courage et la force d'affronter tous les obstacles et difficultés pour réaliser ce modeste travail.

Mes vifs remerciements pour Madame Omouri Ourdia, d'avoir accepté de m'encadrer dans cette étude. Je la remercie pour son implication, son soutien et ses encouragements tout au long de ce travail.

Je tiens également à remercier M^{lle} Issacoun Djamila et M^{me} Tibiche. S pour leur aide

M^{me} Hourbia S qui ma fait l'honneur de présider ce jury ; et je tiens également a remercier les examinatrices M^{me} Hedjal M et M^{lle} Ait Amar S.

Je remercie de près ou de loin tout ceux qui ont contribué à la réussite de ce travail.

Je ne terminerai pas mes remerciements sans remercier mes parents sans lesquels mon travail n'aurait pas vu le jour.





Dédicaces

*À l'homme de ma vie, mon exemple éternel ; mon soutien moral,
source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour
me voir réussir, que dieu te garde pour nous mon père.*

*À la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais
dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me
rendre heureuse, mon adorable maman.*

*À ma très chère Sœur jumelle Ghalia ; À mon petit frère
Aymen*

*À mes grands mères Fatima et Khadîdja, longue vie à vous et
bon rétablissement Yema Khedoudja.*

À mes oncles, tantes, cousins cousines et leurs enfants ;

À ma chère Nacera , Samira ; Sonia ; Lynda ; Karima ...

Et tous mes amis.

Liste des abréviations

C/N : Rapport teneur en carbone sur teneur en Azote

A : Andain

Cm :Centimètre

CO₂ : Dioxyde de carbone

H% : Pourcentage d'humidité

Kg : Kilogramme

M.O : Matière Organique

MS : Matière Sèche

N :Azote

O₂ : Oxygène

P : Phosphore

T : Température

ETM : Eléments traces métalliques

STEP : Station d'épuration

MES : Matière en suspension.

Listes de figures

Figure 1 : Plan d'épandage.....	7
Figure 2 : Courbe théorique d'évolution de la température au cours du compostage (Francou, 2003).....	13
Figure 3 : Les feuillets d'oliviers	24
Figure 4 : Les boues de STEP	24
Figure 5 : Grignon d'olive.....	24
Figure 6 : Fumier de bovin.....	24
Figure 7 : Réalisation des andains.....	26
Figure 8 : Les dimensions des andains.....	26
Figure 9 : Les andains à l'état final de la mise en place.....	27
Figure 10 : Retournement des andins. Arrosage	28
Figure 11 : Arrosage avec margine et de l'eau.....	28
Figure 12 : Le principe de quartage	30
Figure 13 : Dispositif de l'extraction de la faune (appareil de Berlese)	31
Figure 14 : Observation de la faune à la loupe binoculaire à (G×40)	32
Figure15 : Araignée lycoside (araignée-Loup Wolf spider) sans et avec sac a œufs.....	33
Figure 16 : Cloporte	33
Figure17 : larve	34
Figure 18 : Croisement entre deux vers de terre	34
Figure 19 : Collembole.....	34
Figure 20 : Coléoptère.....	34

Listes de figures

Figure 21 : Larves	35
Figure 22 : Araignée.....	35
Figure 23 : Abondance de la faune dans le compost en fonction de phases et de profondeur	36
Figure 24: Variation de l'abondance de la faune durant la phase mésophile de Co-compostage des boues en fonction de profondeur.....	37
Figure 25 : Variation de l'abondance de la faune dans le compost des boues durant la phase thermophile.....	38
Figure 26 : La totalité des individus dénombrée en fonction de la profondeur durant les deux premières phases de co-compostage des boues	39

Listes de tableaux

Tableau 1 : Les volumes des constituants solides et liquides à l'état initial de compostage	25
Tableau 2 : Retournements ; Arrosages et échantillonnage des andains.....	29
Tableau 3 : Le dénombrement de la faune en deux phases de Co-compostage de boues	39

Sommaire

I. Introduction générale	1
--------------------------------	---

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Définition des boues	3
I.2. Nature et origine de boues	3
I.2.1. Les boues issues d'un traitement primaire.....	4
I.2.2. Les boues issues d'un traitement physico-chimique	4
I.2.3. Les boues d'un traitement biologique	4
I.3. Composition des boues	4
I.4. Impact environnemental de l'épandage des boues urbaines brutes sur le sol	5
I.4.1. Les parasites	5
I.4.2. Phytotoxicité	5
I.4.3. Dégradation de la structure	5
I.5. Traitement de boues	5
I.5.1. La valorisation énergétique (Incinération).....	6
I.5.2. Valorisation agricole (Epandage).....	7
I.5.2.1. Epandage directe des boues	7
I.5.2.2. Le compostage de boues	8
I.5.2.3. La mise en décharge des boues	9
I.6. Le Co-compostage des boues	
I.6.1. Définition du Co-compostage des boues	9
I.7. Méthodes de Co-compostage des boues	9
I.7.1. Les différents procédés de compostage.....	10
I.7.1.1. Le compostage en andains.....	10

I.7.1.1.1. Andains retournés.....	10
I.7.1.1.2. Andains aérés passivement	10
I.7.1.1.3. Tas statique aéré	10
I.7. 2. Le compostage en récipient clos	11
I.7.2.1. Compostage en casier	11
I.7.2.2. Silos	11
I.8. Les phases de compostage	11
I.8.1- La phase mésophile	12
I.8.2- la phase thermophile	12
I.8.3- la phase de refroidissement	12
I.8.4- la phase de maturation	12
I.9. Le suivi de compostage	13
I.9.1. Retournements	13
I.9.2. L’arrosage	13
I.9.3. Température	14
I.9.4. Valeur du pH	14
I.10. Intérêt de Co-compostage des boues	14
I.10.1. Agricole	14
I.10.2. Environnemental.....	14
I.10.2.1. Effets Sur le sol.....	15
I.10.2.2.Effets phytosanitaires	15
I.10.2.3. Effet hygiénisant	15
I.11. La qualité du compost de boues	16
I.11.1. Qualité biologique	16
I.12. Types et rôles du faune dans le compost.....	16
I.12.1. Les macro- les micro-organismes	16

I.12.1.1. Les macro-organismes.....	16
I.12.1.2. Les micro-organismes.....	20

Chapitre II : Matériel et méthode

II.1. Matériels utilisés	23
II.2. Substrats utilisés pour le compostage.....	23
II.2.1. Les boues d'épuration urbaines	23
II.2.2. Le grignon d'olive	23
II.2.3. Le fumier de bovin	23
II.3. Procédé de compostage	24
II.4. Mise en place des andains	25
II.5. Le suivi du compostage.....	27
II .5.1. Les retournements.....	27
II.5.2. Arrosage	28
II.6. Méthode d'échantillonnage	31

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. La faune visible à l'œil nu	33
III.2. Extraction de la faune du Co-compostage de boues	34
III.3. Le dénombrement	35
III.4.Effet niveau de profondeur	35
III.5. Phase (01) mésophile et thermophile	36
III.5.1. Interprétation des résultats	36

III.6.Phase mésophile	36
III.6.1. Analyse des résultats	37
III.7. Phase thermophile	38
III.7.1. Interprétation des résultats.....	38
III.8. Evaluation de la microfaune totale	39
III.8.1. Analyse des résultats	40
III.9. Les caractéristiques de la faune observée.....	40
Conclusion.....	44
Référence bibliographique	
Résumé	

Introduction

Le sol est une ressource difficilement et lentement renouvelable. Sa gestion est un point crucial pour satisfaire les besoins alimentaires des populations pour les prochaines décennies.

L'agriculture moderne est la cause majeure de la dégradation des sols, constatée partout.

En Algérie la majorité des sols agricoles sont caractérisés par leur faible taux de matière organique. Cet état est dû au type du climat qui favorise la minéralisation rapide de la matière organique dans les sols, aux pratiques culturales non appropriées et aux faibles apports organiques suite à la raréfaction du fumier du ferme habituellement utilisé (Diridi et Toumi, 1998 ; kribaa et al ; 2001).

Cette déperdition en matière organique provoque une diminution de la stabilité structurale des sols.

Depuis l'avènement de l'agriculture, les « déchets » organiques sont utilisés pour fertiliser les terres agricoles (Petitjean, 1996; Joncoux, 2013, Wasenaar, 2014). Trois sources majeures apparaissent : le grignon d'olives, les margines et les boues d'épurations qui sont rejetés en grandes quantités dans la nature provoquant des effets nuisibles et nocifs pour l'environnement.

Ces boues sont riches en matière organique, en élément fertilisants (l'azote et le phosphore) et en oligo- éléments (Zinc, Fer, Cuivre, Manganèse) (INRA, 1980)

Pour lutter contre ces problèmes environnementaux et agronomiques, il existe différentes solutions parmi lesquelles s'inscrit le compostage. En effet, la richesse en matières organiques des grignons et des margines justifie cette méthode qui pourrait créer des liens entre la gestion de ces sous-produits oléicoles et l'agriculture.

Le compostage est un processus biologique assurant la décomposition des constituants organiques, des sous-produits et déchets organiques en un produit organique stable, riche en composés humiques. Le premier objectif du compostage des déchets organiques est le respect de l'hygiène de l'environnement (Werner et al. 2000). Une possibilité pour réduire la quantité des déchets biodégradables sur les décharges est leur compostage et réintroduction dans le cycle naturel comme un précieux amendement ou engrais (Sandres, 2000). Il est généralement admis que les composts contribuent à l'entretien de la matière organique des sols, améliorant

Introduction

ainsi leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques, et qu'ils apportent des éléments fertilisant aux cultures (Leclerc, 2001).

Le phénomène est simple (action de micro-organismes de façon spontanée sur la matière organique), il nécessite en fait un grand savoir-faire puisque cette réaction de base va être orientée par le contrôle de certains paramètres (température, oxygène, humidité). Il ne s'agit pas seulement de faire dégrader la matière organique (MO) à disposition par des micro-organismes mais de la dégrader « efficacement » de façon à pouvoir obtenir un produit appelé compost ; possédant certaines qualités internes qui vont permettre de le valoriser.

Dans le compost, ça grouille de vie, surtout la faune invisible qui assure le plus gros du travail de compostage. En présence de l'oxygène, tout ce petit monde travaille pour éliminer nos déchets organiques. Les animaux pluricellulaires se nourrissent de débris végétaux et peuvent avoir un rôle important dans l'homogénéisation des composts ; ils fragmentent les déchets rapidement les déchets organiques, intervenant dans les processus de fermentation, les acariens par exemple déchiquettent les feuilles.

L'objectif de notre travail consiste à dénombrer et identifier la faune qu'il implique dans le processus de compostage.

Ce mémoire comprend trois chapitres principaux :

- ❖ Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique, qui traite dans sa première partie de généralités sur les boues urbaines et dans sa deuxième partie sur le processus de compostage ;
- ❖ Le deuxième chapitre est structuré en deux parties également dont la première présente le site d'étude et le matériel utilisé et la deuxième porte sur la méthodologie de travail ;
- ❖ Le troisième chapitre est consacré aux résultats obtenus et à leur interprétation ;

Enfin, une conclusion générale.

A red scroll graphic with a gradient from dark red to light red. It has a rounded top-left corner and a vertical strip on the right side that looks like a scroll binding. The text is centered on the scroll.

Chapitre I

Compostage des boues

I.1. Définition des boues

Les boues d'épuration sont les sédiments résiduaire issus des ouvrages de traitement biologique ou physico-chimique des eaux usées. Ces ouvrages peuvent être divisés en deux groupes : les ouvrages d'assainissement collectif encore appelés systèmes d'égouts, et les ouvrages d'assainissement individuel constitués par les latrines et les fosses septiques.

Les boues sont définies comme un mélange d'eau et de matières solides (les particules sédimentaires fines de limons et d'argiles), séparé par des procédés naturels ou artificiels des divers types d'eau qui le contiennent (ADEME., 2001). Les dépôts de boue anciens ou fossilisés se transforment en lutites par l'action du temps. Quand une boue est riche en matière organique et qu'elle sédimente au fond de l'eau, elle consomme de l'oxygène. Les boues d'épuration (urbaines ou industrielles) sont le principal déchet produit par une station d'épuration à partir des effluents liquides. Ces sédiments résiduaire sont surtout constitués de matière organique (bactéries mortes) de matière organique animale, végétale et minérale humide. Une installation moyenne de gestion des eaux usées produit environ un excès de 40 g de matière sèche par jour et par habitant et devient anoxique. Elle peut néanmoins être aérée par des vers ou animaux fouisseurs (ADEME, 2001).

I.2. Nature et origine de boues

Les boues sont de qualité variables, selon la nature des eaux usées entrées en stations d'épuration, leur nature est relativement stable en sortie d'une même station, à condition que le réseau de collecte en amont soit bien sécurisé. Leur teneur en matière organique font d'elles une matière secondaire très fertilisante ; au même temps, elles sont très chargées en substances potentiellement dangereuses : composés organiques, métaux lourds, bactéries pathogènes. Il est admis que les boues piègent 90 % des métaux lourds présents dans les effluents urbains. Ce qui n'est pas sans susciter une certaine inquiétude quand il s'agit de les valoriser par épandage agricole.

Selon les différentes phases de traitement des eaux usées, on obtient des boues à caractéristiques différentes :

I.2.1. Les boues issues d'un traitement primaire

Elles sont produites par une simple décantation de matières en suspension (MES) contenues dans les eaux usées ; 70 % de MES peuvent ainsi être retenues. Avec l'évolution de la conception des stations, ce type de boues est en train de diminuer.

I.2.2. Les boues issues d'un traitement physico-chimique

Variante du type précédent, les matières organiques particulières ou colloïdales, contenues dans les eaux usées sont agglomérées par addition d'un réactif coagulant (sels de fer ou d'aluminium) ; 90 % de MES peuvent ainsi être captées. Séparées par décantation, les boues obtenues renferment une partie importante de sels minéraux issus des eaux brutes et de l'agent coagulant (figure1).

I.2.3. Les boues issues d'un traitement biologique

Ces boues sont essentiellement formées par les résidus de bactéries "cultivées" dans les ouvrages d'épuration. Ces bactéries se sont nourries des matières organiques contenues dans les eaux usées qu'elle digérées. Pour maintenir l'activité biologique de la station à un bon niveau, une partie de la masse des bactéries ou "biomasse en excès" doit être soutirée régulièrement, entretenant ainsi la dynamique de reproduction bactérienne (Azzabi., 2012)

I.3.Composition des boues

La composition des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de prélèvement, du mode de traitement et du conditionnement pratiqué dans la station d'épuration (Jarde et al ; 2003 ; Singh et al ; 2004). Les boues résiduaire représentent une matière première composée de différents éléments : matière organique : éléments fertilisants N et P, éléments traces métalliques, éléments traces organiques et agents pathogènes.

La matière organique des boues est constituée de matières éliminées par gravité dans les boues primaires, des lipides (6 à 19 % de la matière organique), des polysaccharides, des

protéines et des acides aminés (jusqu'à 33 % de la matière organique), de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologiques (digestion, stabilisation) (ADEME, 2001 ; Jarde et *al*, 2003).

I.4. Impact environnemental de l'épandage des boues urbaines brutes sur le sol

I.4.1. Les parasite

Le sol comme les boues contiennent un nombre très élevé de germes banneaux, mais dans ces dernières sont concentrés des microorganismes d'origine fécale donc à priori dangereux pour l'homme et pour les animaux.

I.4.2. Phytotoxicité

Le chlorure ferrique, flocculant pour les phosphates, l'excès de chlorure peut avoir des effets néfastes sur le développement des végétaux. Ainsi, la richesse en N ammoniacal des boues, peut inhiber la croissance racinaire du cresson alénois.

I.4.3. Dégradation de la structure

Les apports intensifs et répétés de certaines boues riches en sodium, risquent de dégrader la structure, particulièrement dans les sols déjà sensibles (texture limoneuse et/ou teneur en MO faible) (Azzabi, 2012).

I.5. Traitement de boues

Le principal objectif du traitement des boues est de réduire le volume pour limiter les quantités à stocker, et de les stabiliser pour améliorer les caractéristiques physiques et arrêter la biodégradation dont elles sont le lieu. En effet, leur forte teneur en eau (99 %) et les fortes populations bactériennes qui s'y retrouvent en font un bouillon de culture favorable à la dégradation de la matière organique fraîche et très fermentescible qu'elles contiennent, avec production de mauvaises odeurs. Outre la teneur en éléments-traces (liée à la présence de matières minérales dissoutes ou insolubles), la siccité est un paramètre fondamental de la caractéristique des boues : elle s'exprime en tonnages de Matière Sèche (MS).

Les méthodes de valorisation des boues utilisées dans l'industrie sont principalement :

- Celles qui nécessitent le transport des boues comme dans l'épandage agricole, épandage, le compostage et dans la fabrication de matériaux de construction.
- Celles qui peuvent s'appliquer directement sur le site de production : Combustion, incinération, fabrication d'éthanol (Scott et Smith ; 1995).

I.5.1. La valorisation énergétique des boues par (Incinération)

Elle représente 15 à 20% du tonnage des boues, mais induit de forts coûts pour les exploitants des stations d'épuration ; c'est la combustion des boues pour produire de l'énergie sous forme de vapeur. C'est une technique intéressante puisque la plupart des usines possèdent une unité de génération de vapeur. Il existe deux méthodes d'incinération des boues ; les chaudières et le lit fluidisé (Simons, 1994). Un lit fluidisé est un lit de particules inertes qui reposent sur un distributeur d'air, l'air injecté dans le lit est suffisamment important pour générer l'expansion des particules et également servir à la combustion des déchets.

Bien que l'incinération soit la méthode la plus populaire (Simons, 1994), elle présente toutefois quelques inconvénients (Elouazzani, 2005):

- Une méthode de gestion doit être utilisée pour traiter les résidus de combustion (cendres) ;
- Émission de SO₂, NO₂, et CO;
- Nécessité de surveiller continuellement le bon fonctionnement des appareils, pour éviter des combustions incomplètes.

I.5.2. Valorisation agricole des boues par (épandage)

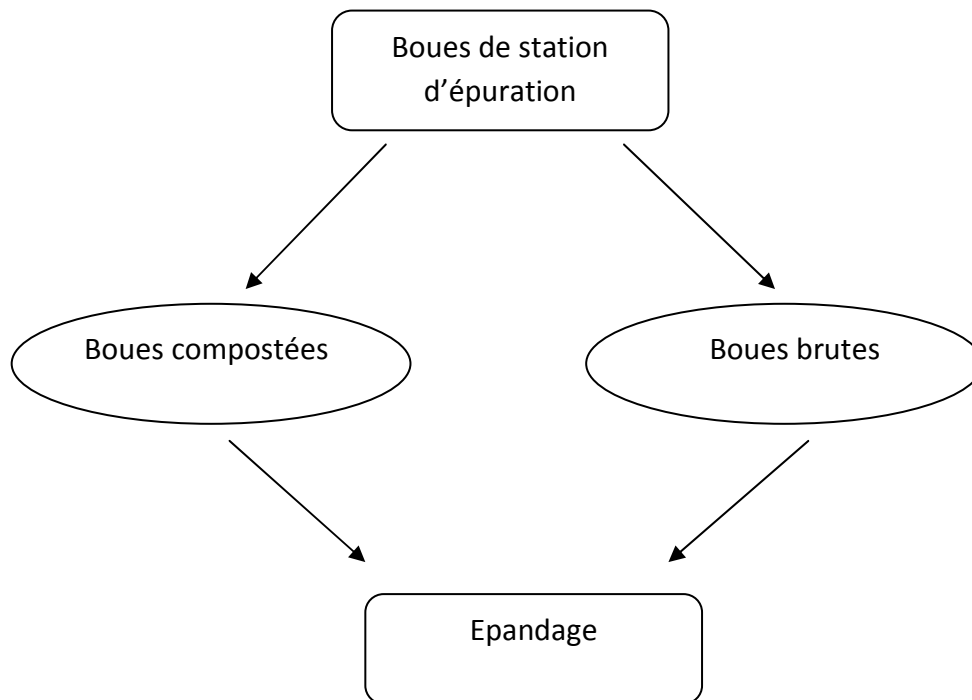


Figure 1 : Plan d'épandage

I.5.2.1. Epandage direct des boues

Il se fait sur terres agricoles et représente 55 à 65% du tonnage des boues. Il s'agit de la voie privilégiée pour le recyclage des boues d'épuration depuis 1975 ; en raison de l'intérêt agronomique de celles-ci. Cette pratique courante ne concerne pas que les boues d'épuration, mais plusieurs centaines de millions de tonnes ou de mètres cubes de matières diverses. Ces matières entretiennent la fertilité des sols quand elles sont correctement appliquées, (Emilie ; 2002).

L'épandage des boues s'effectue suivant plusieurs façons : directement sur le sol, injecté ou vaporisé dans le sol (Eck, 1986). Des tests de germination ont été effectués sur des plantes poussant dans des sols amendés avec des boues et les résultats ont montré un développement de réseaux de racines plus importants et une meilleure rétention en eau dans le sol amendés (Diehn et al ; 1990). La matière organique (carbone et azote) et certains minéraux (potassium et phosphore) contenus dans les boues favorisent la croissance des plantes. Les avantages de l'épandage sont multiples, leur utilisation sans prétraitement, seule

la déshydratation mécanique est nécessaire, équipements de gestion peu coûteux, sans génération de cendre mais des difficultés peuvent toutefois être rencontrées si les quantités épandues sont trop importantes (Boisselle, 1999). Plus l'hiver est long, plus la période d'épandage est courte, du fait de son interdiction en hiver. On doit ainsi prévoir un espace d'entreposage des boues pendant cette période. Également, avant d'effectuer l'épandage, on doit procéder à une étude des sites potentiels : études du sol, drainage, installation de puits piézométriques (Boisselle, 1999)

I.5.2.2. Le compostage de boues

C'est un processus biologique, qui consiste à dégrader dans des conditions contrôlées des substances organiques en présence de l'oxygène de l'air pour générer un produit final stable sous forme d'humus. Ce produit possède des qualités fertilisantes importantes (MDDEFP, 2012). Le compostage en tas, est généralement la méthode la plus utilisée: les boues sont aérées en les retournant périodiquement à l'aide d'une pellemécanique (Zerhouni, 2010).

Des études réalisées à l'Université Laval au Québec, en collaboration avec l'atelier de désencrage de la compagnie Daishow A ; ont démontré que, les boues de désencrage peuvent être compostées alors que, jusqu'au début des années 1990, seules les boues primaires et secondaires étaient utilisées pour le compostage (Cardwell, 1994).

Bien que le compostage des boues soit une technique intéressante, elle est peu utilisée à cause des inconvénients suivants :

- Le compostage des boues nécessite de grands espaces, elles peuvent s'accumuler assez rapidement selon la production de l'usine.
- Le marché du compost n'est pas encore suffisant pour absorber toute la quantité produite.
- Des travailleurs spécialisés sont nécessaires pour le bon fonctionnement du procédé.
- La production des composts peut générer des odeurs désagréables.

I.5.2.3. La mise en décharge des boues

Elle représente 20 à 25% du tonnage, mais était supposée disparaître en juillet 2002 et n'être réservée qu'aux déchets ultimes. Or les boues ne correspondent pas à des déchets ultimes puisqu'elles sont valorisables (source nutritive, énergie...). La loi du 15 juillet 1975 modifiée, ainsi que les directives sur les déchets, s'opposent donc, à court terme, à leur dépôt au centre d'enfouissement. L'échéance prévue juillet 2002 ne pouvant être respectée dans l'ensemble des départements, ni dans les autres pays de la CEE, une directive européenne du 26 avril 1999 a planifié la réduction progressive de la mise en décharge des déchets municipaux biodégradables, dont les boues d'épuration, jusqu'au 2015.

I.6. Définition du co-compostage des boues

Le Co-compostage des boues est une méthode de valorisation. Les boues traitées par compostage sont constituées surtout de matières organiques. Il consiste à stabiliser par un processus biologique les matières organiques contenues dans les boues. Le produit ainsi obtenu s'appelle compost. C'est un produit hygiénique, qui peut être utilisé en agriculture comme fertilisant.

Les boues peuvent être compostées selon deux techniques principales : le compostage aérobie et le compostage anaérobie. Le compostage des boues, outre le compost final, est également producteur de méthane qui peut être capté et valorisé.

Le compost produit, assez riche en substances humiques, constitue un excellent produit d'amendement des sols. Il permet à la fois d'améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et de fournir par voie de minéralisation des éléments nutritifs assimilables pour les plantes cultivées (Gnon et Guy, 2011).

I.7. Méthodes de co-compostage des boues

La mise en décharge étant interdite pour de nombreux bio-déchets (sauf les déchets ultimes), leur incinération coûteuse et peu populaire, le compostage devient de plus en plus une solution pratiquée et simple. Elle présente de nombreux avantages, le principal étant la valorisation des déchets pour la production d'un amendement organique stable.

I.7.1. Les différents procédés de compostage**I.7.1.1. Le compostage en andains****I.7.1.1.1. Andains retournés**

Le compostage en andains consiste à placer un mélange de matières premières dans de longs tas étroits appelés andains, remués ou tournés de façon régulière. Ces andains sont aérés essentiellement par un mouvement naturel de l'air. La taille de l'andain peut être déterminée par la porosité de matières compostées. Un andain composé de feuilles peut être bien plus grand qu'un andain humide contenant du fumier (Albrecht, 2007).

De manière générale, les andains ont une hauteur qui varie de 90 cm pour les matières denses telles que le fumier, à 360 cm de haut pour les matières légères, volumineuses telles que les feuilles. Leur largeur varie de 300 à 600 cm (Misra et *al*, 2005).

I.7.1.1.2. Andains aérés passivement

Le système d'andainage à aération passive suppose l'installation de tuyaux d'aération dans ou sous le tas de compost. Les matières premières sont habituellement mises en tas sur un lit à base de paille, de tourbe ou de compost prêt à l'emploi afin d'absorber l'humidité et isoler l'andain, et couverte de tourbe ou de compost pour éloigner les mouches, et permettre de conserver l'humidité, les odeurs et l'ammoniac (Misra et *al*, 2005).

Dans ce système, l'air est libre de circuler passivement dans les tuyaux et le lit de matériaux qui se trouve sous le tas (Martin, 2005). Selon Misra et *al*. (2005), les andains aérés passivement devraient avoir une hauteur de 90 à 120 cm.

I.7.1.1.3. Tas statique aéré

Le plus souvent, des tuyaux d'aération sont disposés bout à bout sous toute la longueur de l'andain, ces derniers ainsi que la portion médiane de la base de l'andain sont recouverts d'une matière poreuse comme des copeaux de bois, on forme ensuite l'andain au-dessus du lit d'aération (Martin, 2005).

Des ventilateurs sont raccordés aux tuyaux de ventilation et l'air est forcé dans l'andain (pression positive) ou aspiré hors du tuyau (pression négative). Lorsque la pression négative est utilisée, des biofiltres peuvent être nécessaires pour retirer les odeurs de l'air

d'extraction. La clé de la réussite dans ce type de système consiste à bien mélanger les matières premières au départ et à créer des conditions d'humidité optimales, étant donné que les andains ne sont habituellement pas retournés. Les andains qui sont aérés doivent être recouverts d'un matériau isolant si l'on veut que la température de la matière s'élève suffisamment en surface.

I.7.2. Le compostage en récipient clos

I.7.2.1. Compostage en casier

La dégradation s'effectue totalement, ou partiellement, dans des casiers, de volume compris entre 4 et 20 m³. Le produit est changé de casier toutes les semaines pendant 8 semaines. L'aération passive est amenée par des tuyaux.

I.7.2.2. Silos

Une autre technique de compostage en récipient clos ressemble à un silo à déchargement par le bas. Chaque jour, une vis transporteuse retire les matières compostées se trouvant en bas du silo, et un mélange de matières premières est chargé à son sommet. A la base du silo, se trouve un système d'aération qui souffle de l'air à travers les matières à composter. Cet air évacué peut être recueilli au sommet du silo de façon à traiter les odeurs.

Généralement, la durée de compostage est d'environ 14 jours, et 1/ 14^{ième} du volume du silo est alors retiré et remplacé quotidiennement.

Une fois que le compost a quitté le silo, il est conservé pour maturation, le plus souvent dans un second silo aéré.

Ce système minimise la surface de compostage car les matières sont empilées verticalement.

Cependant, l'empilement présente des problèmes au niveau de la compaction, du contrôle de la température et de la circulation de l'air (Misra *et al.* 2005).

I.8. Les phases de compostage

Le processus de compostage se déroule en quatre phases en fonction de l'évolution de la température :

I.8.1- La phase mésophile

C'est la phase initiale du compostage. Durant les premiers jours, la présence de matières organiques facilement biodégradables (les sucres, les glucides, les lipides) entraîne une forte activité microbienne ; générant une rapide montée en température à l'intérieur du compost en gendre un dégagement de dioxyde de carbone (CO_2) et une consommation de dioxygène (O_2) importants (Albrecht, 2007).

I.8.2. La phase thermophile

Caractérisée par une montée de température stabilise au-dessus de 50°C . Dans cette phase, seules les bactéries thermophiles peuvent survivre à ces températures. Une part de la matière organique est fortement dégradée et perdue sous forme de CO_2 et H_2O et une part importante de l'eau est évaporée (Lashermes, 2010).

I.8.3. La phase de refroidissement

Elle est caractérisée par une diminution de la quantité de matières organiques facilement dégradables provoquant un ralentissement de l'activité microbienne, ceci favorise un refroidissement du compost. Elle prend fin au retour à la température ambiante. Les micro-organismes dégradent les constituants non dégradés en phase thermophile (Lashermes, 2010).

I.8.4. La phase de maturation

C'est la dernière phase qui dure jusqu'à l'utilisation du compost. Les processus d'humification dominant et les composés résistants lentement dégradés. Les deux premières phases qui sont des phases de dégradation des matières organiques sont regroupées sous le nom de fermentation (figure 3), la dégradation de la matière organique y est intensive. Le compost évolue en condition aérobie. L'évolution de la température au sein du compost dépend de la production interne de chaleur et des échanges avec l'extérieur (Gnon et Guy ; 2011)

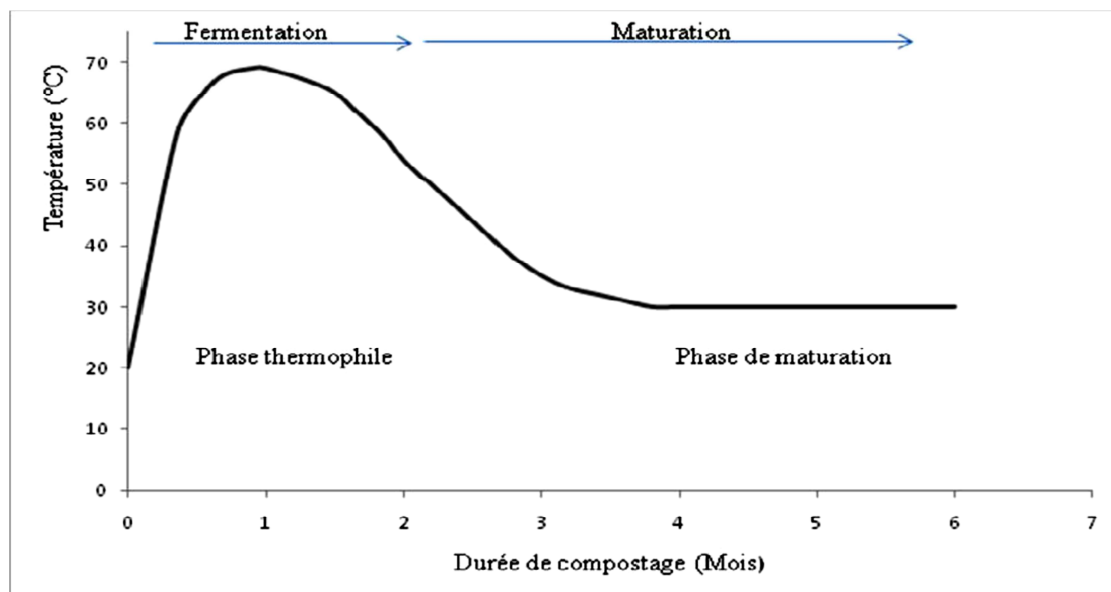


Figure 2 : Courbe théorique d'évolution de la température au cours du Compostage (Francou, 2003)

I.9. Le suivi du compostage

I.9.1. Retournements

Le compostage aérobique nécessite d'importantes quantités d'oxygène, tout particulièrement lors du stade initial. L'aération est la source d'oxygène, et se trouve être ainsi un facteur indispensable pour le compostage aérobique. Quand l'approvisionnement en oxygène n'est pas suffisant, la croissance des micro-organismes aérobies se trouve limitée, ce qui ralentit la décomposition. De plus, l'aération permet de diminuer l'excès de chaleur et d'éliminer la vapeur d'eau et les autres gaz piégés dans le tas. L'évacuation de la chaleur est particulièrement importante dans les climats chauds, compte tenu des risques plus élevés de surchauffe et d'incendie. Par conséquent, une bonne aération est indispensable pour un compostage efficace. Celle-ci pourra être atteinte si la qualité physique des matériaux (taille des particules et teneur en eau), la taille du tas et la ventilation est contrôlée et si le mélange est fréquemment retourné.

I.9.2. L'arrosage

L'arrosage de compost constitue l'un des facteurs les plus importants qui augmente la teneur en eau pour assurer l'activité métabolique des micro-organismes. Le compost devrait

avoir une teneur en eau de 40 à 65%. Si le tas est trop sec, le processus de compostage est plus lent, alors qu'au-dessus de 65% d'humidité, des conditions anaérobies se rencontrent. En pratique, il est conseillé de commencer le tas avec une teneur en eau de 50 à 60%, pour atteindre à la fin du processus, une humidité de 30%.

I.9.3. Température

Le processus de compostage met en œuvre deux gammes de température : mésophile et thermophile, alors que la température idéale pour la phase initiale de compostage est de 20 à 45°C, par la suite, les organismes thermophiles ayant pris le contrôle des étapes ultérieures, une température située entre 50 et 70°C est idéale. Les températures élevées caractérisent les processus de compostage aérobie et sont les indicateurs d'une activité microbienne importante. Les pathogènes sont en général détruits à 55°C et plus, alors que le point critique d'élimination des graines d'adventices est de 62°C. Le retournement et l'aération peuvent être utilisés pour réguler la température.

I.9.4. Mesure de pH

Bien que l'effet tampon naturel du compostage permette l'utilisation de substances dans une large gamme de pH, celui-ci ne devrait pas être supérieur à 8. A des pH plus élevés, une plus grande quantité d'ammoniac est générée et risque d'être perdue dans l'atmosphère.

I.10. Intérêt de Co-compostage des boues

Le compostage présente des différents objectifs :

I.10.1. Agricole

Produire un amendement organique stable, appliqué au sol sans impact négatif sur les cultures, permet donc de combler le déficit des sols surexploités en éléments nutritifs et d'améliorer la fertilité à long terme. Il a été démontré aussi que les végétaux se développant dans un milieu de croissance contenant du compost de boue sont plus forts et ont un meilleur rendement (ADEME, 2001 et 2008).

I.10.2. Environnemental

L'effet est de réduire les nuisances des déchets en contribuant au maintien de la qualité de l'environnement (Tahraoui, 2013).

I.10.2.1. Effets sur le sol

Le compostage permet de rendre au sol ses nutriments, prolongeant ainsi leur présence dans le sol pour nourrir les végétaux pendant une plus longue période (ADEME, 2001 et 2008), d'améliorer sa capacité de rétention en eau ; la matière organique contenue dans le compost peut absorber l'eau et améliorer ainsi la capacité de rétention d'eau du sol.

L'apport du compost de boues au sol augmente l'activité microbienne. Les micro-organismes décomposent les matières organiques pour rendre les nutriments accessibles aux végétaux (ADEME, 2001 et 2008).

L'amélioration de la porosité entraîne également une meilleure aération du sol et ainsi le développement de l'activité biologique.

Amélioration de la structure du sol par augmentation des agrégats (pénétration des racines facilitée et exploitation du sol favorisée).

Le compost de couleur foncée, augmente l'absorption des rayons solaires (réchauffement) (Zurbrug et Ahmed, 1999).

Meilleur perméabilité à l'air et à l'eau.

Réduction importante de l'effet de gel, de l'érosion (hydrique et éolienne) et diminution de la dessiccation par ventilation.

I.10.2.2.Effets phytosanitaires

Le compostage élimination des maladies chez les végétaux, il a été démontré que certains composts améliorent la résistance des végétaux vis-à-vis de certaines maladies (Larbi, 2006). L'effet phytosanitaire décrit la faculté fongicide.

D'une manière générale le compost contient des substances, donnant plus de vigueur aux végétaux et augmentant ainsi leur résistance vis-à-vis de certains organismes pathogènes.

I.10.2.3.Effet hygiénisant

Dans le cadre de la valorisation agricole de compost de boues ou contenant des boues résiduelles, certaines utilisations nécessitent une hygiénisation préalable. On retrouve dans les boues une très grande variété d'organismes (bactéries, virus, parasites). La quasi-totalité de

ces organismes se trouvent initialement dans les eaux usées admises et traitées en usine. Leur nature et leur forte affinité pour les matières particulaires contribuent à leur concentration dans les boues. Si la charge microbienne est relativement élevée, la majeure partie du microorganisme est non pathogène.

Le compostage à partir d'un mélange contenant des boues de station d'épuration est un procédé qui permet de détruire les agents pathogènes, notamment par le biais de l'élévation de température (thermophiles).

I.11. La qualité du compost de boues

I.11.1. Qualité biologique

A la fin du processus de décomposition (compostage), les composts mûrs renferment une communauté importante et diversifiée de microorganismes mésophiles (Gobat et *al.* 2003). Ainsi, l'addition de compost dans un sol ne signifie pas seulement un apport de matières homogènes contenant des composés minéraux, mais aussi un apport de microorganismes vivants. D'autre part, le compost peut également représenter une source nutritionnelle pour les organismes indigènes du sol (Dick et McCoy, 1993). Ainsi, l'apport de compost peut influencer l'activité microbienne aussi bien dans le sol (Perucci., 1990) qu'au niveau de la microflore (Pera et al ; 1983). D'un autre côté, la biomasse microbienne, fraction organique active, représente une source importante d'approvisionnement nutritionnel pour la plante (Smith et Paul, 1990), et l'augmentation de la biomasse microbienne par l'amendement de compost peut améliorer à long terme la fertilité du sol. Non seulement la quantité de microorganismes telluriques peut être influencée par un apport de compost, mais Perucci (1990) a également observé une augmentation significative de diverses activités enzymatiques (uréases, protéases, phosphatases, sulfatases).

I.12. Types et rôles de faune dans le compost

I.12.1. Les macro- et les micro-organismes

I.12.1.1. Les macro-organismes

Sont des organismes visibles à l'œil nu ; ont un rôle central dans la fragmentation des déchets qui permet aux macro-organismes, tels que les champignons et les bactéries, de faire leur travail de décomposition après.

Plus les macro-organismes sont actifs et fragmentent les déchets finement, plus la décomposition par les micro-organismes sera aisée.

Quels sont ces macro-organismes et quel est leur rôle dans le processus de compostage ?

Les cloportes : Crustacés terrestres identifiables par leur carapace rigide segmentée. Une des espèces de cloportes est bien connue des enfants car elle se roule en boule lorsqu'elle se sent menacée. Elles possèdent un corps ovale et aplati formée de segments distincts et dix paires de pattes. Ce sont des consommateurs de premier niveau qui se nourrissent de matériaux ligneux pourris et d'autres tissus végétatifs coriaces comme les nervures des feuilles. Une autre variété de cloportes très ressemblante s'enroule sur elle-même lorsqu'elle est dérangée

- **Leur rôle dans le compost :** Les cloportes se nourrissent de végétaux morts qu'ils fragmentent en petits morceaux ; Ils sont souvent très nombreux dans les composts secs.

➤ Les acariens

Petits arachnides (famille des araignées) mesurant moins de 2 mm. Alors que certaines espèces d'acariens sont connues pour entraîner des allergies chez les êtres humains, d'autres sont très utiles au processus de compostage des déchets organiques. Ces acariens ont un corps transparent et se nourrissent des levures produites par les matières organiques en fermentation. Ils sont capables de supporter des conditions anaérobies pendant des laps de temps plus ou moins longs. Ils peuvent de ce fait donner des indications sur l'évolution du compost. Ils se nourrissent aussi de matières végétales telles que les tissus fragiles des feuilles.

- **Leur rôle dans le compost :** Les acariens déchiquettent les feuilles, les morceaux de bois morts, et s'attaquent même aux aiguilles de pin. Intervenant dans les processus de fermentation.

➤ Les collemboles

Les collemboles sont de petits insectes qui se distinguent par leur capacité à effectuer des sauts considérables (au regard de leur taille) lorsqu'ils sont dérangés. Ils se nourrissent

principalement de champignons, bien qu'ils dévorent aussi des nématodes et des acariens et mangent des plantes en décomposition. Leurs couleurs varient du blanc au bleu et jusqu'au noir.

- **Leur rôle dans le compost :** Ils sont nombreux dans le compost de feuilles et d'éléments ligneux (bois). Ils fragmentent les déchets organiques et ingèrent aussi le mycélium des champignons.

➤ Les larves d'insectes

De nombreux insectes viennent pondre dans le compost. Les principales larves que vous pourrez trouver dans votre compost sont :

- Les larves de diptères (mouches et moucheron) reconnaissables par leur petite taille et leur couleur blanche (quelques millimètres). Elles sont souvent très nombreuses.
 - Les larves de cétoines dorées beaucoup plus grosses que les larves de diptères (plusieurs centimètres), reconnaissables par leur couleur blanchâtre, leurs petites pattes et un postérieur plus gros que leur tête (à la différence des larves de hannetons).
- **Leur rôle dans le compost :** Les larves sont très voraces et vont permettre une fragmentation rapide des déchets.

➤ Les gastéropodes (plus communément appelés les mollusques)

Escargots et limaces, souvent présents dans le compost du fait d'un taux d'humidité important.

- **Leur rôle dans le compost :** Tous comme les macro-organismes cités plus haut, ils fragmentent finement les déchets organiques ce qui permet de faciliter ensuite le travail des champignons et bactéries.

➤ Les fourmis

Ce sont des insectes possédant six pattes, une tête, un thorax et un abdomen. Les fourmis se nourrissent d'une grande variété de matières qu'elles trouvent dans le compost. Il

leur arrive, par leur activité d'y incorporer des champignons et des minéraux comme le potassium et le phosphore.

➤ **Les mille-pattes**

Ce sont des êtres à peau épaisse, constitués de segments rouge sombre. Ils possèdent un grand nombre de segments, chacun avec deux paires de pattes, mais certainement pas mille comme le suggère leur nom. Ils se nourrissent de végétaux fins en décomposition. En cas de danger, ils s'enroulent sur eux-mêmes en forme de balle.

➤ **Les nématodes**

Ce sont les invertébrés les plus abondants du sol. Certains d'entre eux se nourrissent de matière organique en décomposition alors que d'autres sont des prédateurs qui se nourrissent d'autres nématodes, de bactéries, d'algues, de protozoaires et de spores de champignons. Il existe aussi des variétés nuisibles de nématodes qui s'attaquent aux racines des plantes.

➤ **Les araignées**

Les araignées sont des êtres possédant huit pattes et sont des prédateurs de troisième niveau qui se nourrissent d'insectes et de petits invertébrés.

➤ **Les mouches**

Les mouches sont des insectes ailés qui se nourrissent de la plupart des matières organiques. Ce sont des vecteurs aériens de bactéries qu'elles déposent à chaque endroit qu'elles touchent. L'aération hebdomadaire du compost permet de contrôler leur population.

➤ **Les vers blancs**

Ces vers terricoles (Enchytreidae) d'environ 2 cm de long complètent le cycle de maturation du compost en réduisant encore les particules de matières.

➤ **Les lombrics**

Ils sont l'espèce la plus importante des macros organismes décomposeurs intervenant dans les processus de compostage. Ils se nourrissent de bactéries, de champignons, de protozoaires et de matières organiques. Au fur et à mesure qu'ils digèrent les matières

organiques en se déplaçant, ils déposent des déchets riches en nutriments. A la différence des autres micro-organismes décomposeurs, ils transforment les matériaux à la fois chimiquement et physiquement. Vous trouverez aussi les vers de terre parmi les nombreuses espèces de lombrics pouvant se trouver dans votre compost. Exemple, de la quantité d'êtres vivants que l'on peut trouver dans un kilo de compost en activité (Anonyme2., 2013).

I.12 .1.2. Les micro-organismes

➤ Les bactéries

Les bactéries sont toujours présentes et largement dominantes en qualité et quantité au cours du compostage. Elles sont typiquement unicellulaires avec une taille de 0,5 à 3µm. Par leur petite taille, les bactéries ont un rapport surface/volume très élevé, leur permettant des transferts rapides de substrats solubles à l'intérieur de la cellule, ce qui assure souvent leur prédominance sur des micro-organismes de plus grandes dimensions comme les champignons (Tuomela *et al* ; 2000). Un autre avantage des bactéries est la capacité, pour certaines d'entre elles telles celles appartenant au genre *Bacillus*, de se protéger en produisant des spores très résistantes à la chaleur, aux radiations et aux désinfections chimiques (Haug, 1993). De plus, leur spectre d'activité est très large et sur une grande gamme de pH. Les bactéries isolées dans les différents types de compost constituent une importante diversité de genres et d'activités.

➤ Les champignons

La température est l'un des plus importants facteurs affectant la croissance fongique devant les sources de carbone et d'azote et le pH. Un niveau modérément élevé de l'azote est nécessaire pour la croissance fongique bien que quelques champignons, dits de la pourriture blanche, se développent à des taux d'azote bas. En effet, un milieu pauvre en azote est souvent un préalable à la dégradation de lignine (Dix & Webster, 1995). Cependant, ces auteurs affirment qu'une carence en azote est un facteur limitant pour la dégradation de la cellulose. La plupart des champignons préfère un environnement acide.

➤ Les algues, les protozoaires et les animaux pluricellulaires

A côté de ces trois principaux types de micro-organismes, on retrouve également dans le compost, des algues, des protozoaires et des animaux pluricellulaires. Les algues se développent en surface en présence de lumière.

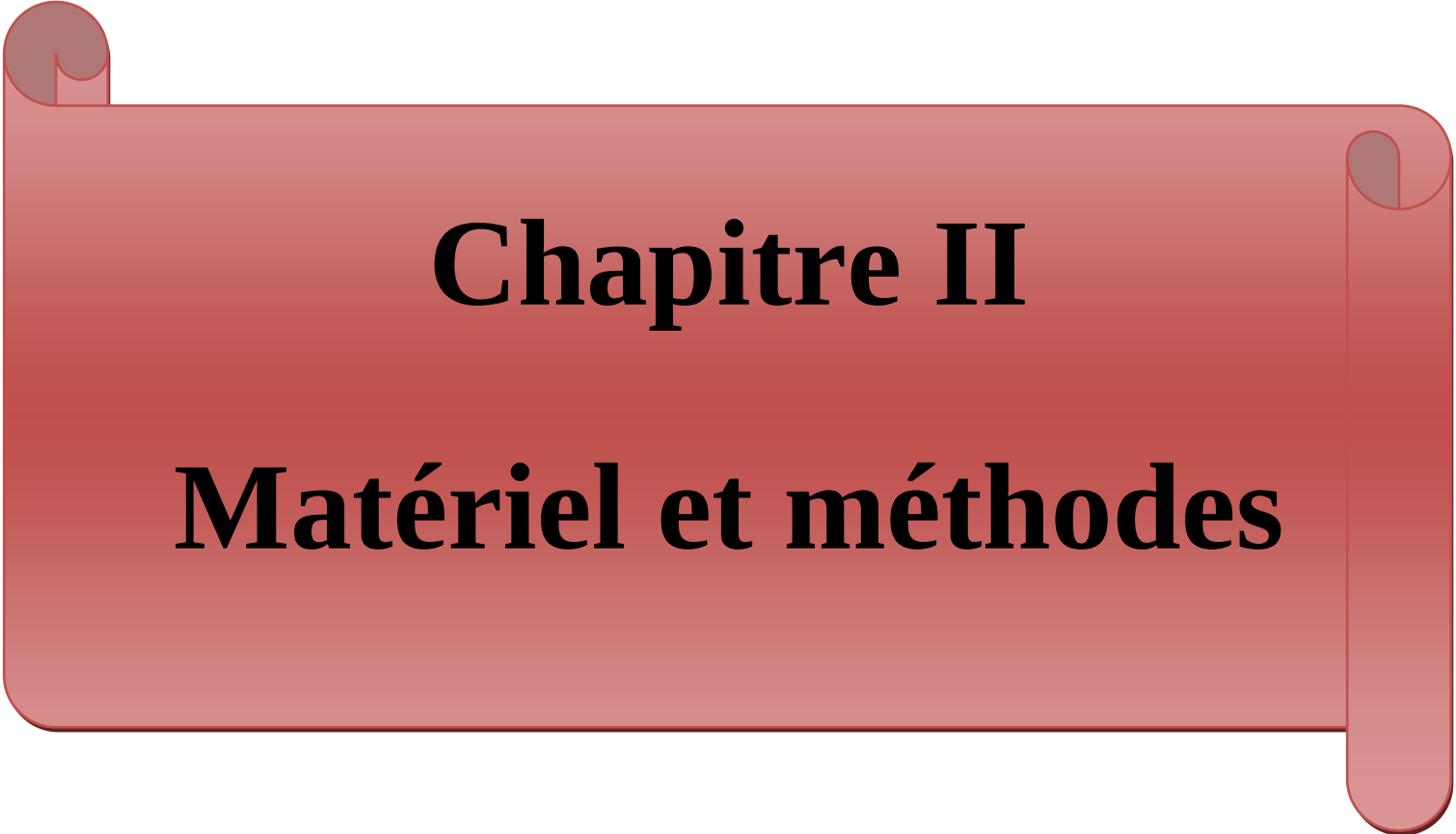
Le rôle des algues

Est mal connu, mais leur importance dans l'évolution de la matière organique en milieu aérobie est sans doute faible (Mustin, 1987). Les protozoaires bactériophages sont connus pour une action importante sur le nombre de bactéries dans les sols. Des variations cycliques des populations prédateurs / proies ont été observées (Mustin, 1987).

Les animaux pluricellulaires présents dans les composts appartiennent à différentes catégories. Par ordre de taille sont représentés les microarthropodes (collembolles, acariens et myriapodes) et les nématodes (vers ronds) entre 0,2 et 4 mm, les larves d'insectes (autres que les collembolles) et les annélides (vers de terre) entre 4 et 80 mm et enfin les animaux supérieurs à 80 mm comme les mollusques (limaces, escargots...) et les crustacés notamment représentés par les cloportes. Beaucoup de ces animaux pluricellulaires se nourrissent de débris végétaux et peuvent avoir un rôle important dans l'homogénéisation des composts.

➤ **Types d'organismes nombre par kilo de composte**

- Bactéries 1.000.000.000 à 10.000.000.000
- Actinomycète 1.000. 000.à100.000.000
- Champignons 10.000 à 1.000.000
- Algues 10.000.000
- Protozoaires Jusque à 5.000.000.000
- Vers de compost Jusque à 1.000
- Collembolles 10.000

A red scroll-like background with a dark red border and rounded corners. The scroll is unrolled, showing a lighter red interior. The text is centered on the scroll.

Chapitre II

Matériel et méthodes

Objectifs

L'objectif principal de ce chapitre est de présenter tout d'abord les matériaux et les méthodes utilisées dans ce travail.

II.1. Matériel utilisés

Les gants de jardiniers ; une fourche ; des sacs en plastiques solides ; Les étiquètes ; Les bavettes ; La pelle ; la hache ; le thermomètre ; les bidons ; les bâches.

II.2. Substrats utilisés**II.2.1. Les boues d'épuration urbaines**

Les boues d'épuration urbaines provenant de la STEP de boukhalfa environ une quantité de 3 tonnes, prélevées des lits de séchage à l'air libre, leur état était entre humide et sec, puis transportées sur le site de compostage (Figure 4).

II.2.2. Le grignon d'olive et margine

C'est un sous-produit du processus d'extraction de l'huile d'olive composé des peaux, des résidus de la pulpe et des fragments des noyaux. Les grignons d'olive sont les résidus solides résultant de l'extraction d'huile, alors que les résidus liquides sont dénommés margines. Depuis les années 1990, où les exigences environnementales relatives aux rejets liquides à charge polluante non nulle ont pris de l'ampleur, les moulins à huile rejettent de moins en moins des margines, mais au contraire des grignons à teneur en eau plus élevée, appelés « grignons pâteux » ou « marginions » (contraction de margines et grignons, Le terme « grignons » est cependant le seul utilisé dans les textes réglementaires entre les grignons classiques et les grignons pâteux étant la teneur en eau ,nous avons récupérés environ 1 tonne de grignon d'olive au même d'une huilerie de village de Sid-Ali Bouneb (Figure 5) ; ainsi la margine et les feuilles d'oliviers (Figure 3).

II.2.3. Le fumier de bovin

Le fumier est utilisé en agriculture biologique, en horticulture et en jardinage. On peut l'utiliser frais ou composté, l'humidité naturelle des fumiers de bovins permet un compostage facile. Mis en tas et retourné régulièrement, la montée des températures va se réaliser rapidement. Suivant le type d'utilisation recherché (effet fertilisant ou amendement), le

compostage devra être plus ou moins long. Dans des conditions normales de température et de pluviométrie, un compost de bonne qualité peut être obtenu en 2 à 3 mois avec, au moins, un retournement.

Le fumier de bovin utilisé est récupéré chez un éleveur de bovin au village yahia de Tirmintine, à l'état frais, riche en paille et faiblement décomposé, la quantité est environ de 2 tonnes (figure 6).



Figure 3 : Feuilles d'oliviers



Figure 4 : Boues de STEP



Figure 5 : Grignon d'olive



Figure 6 : Fumier de bovin

II.3.Procédé de compostage

Les travaux d'expérimentation ont été réalisés sur un site non exploité appartenant aux frères OUMELLIL à Boukhalfa. Les proportions des produits utilisés des produits organiques résiduels sont données dans le tableau. Le mélange est mis en andain sur une bâche pour éviter toute perte de lixiviats.

Tableau 1 : Les volumes des constituants solides et liquides a l'état initial de compostage

Constituants	Andain 1	Andain 2
Boues%	50 %	50%
Grignon d'olive %	30%	30%
Fumier de bovin%	20%	20%
Feuilles d'oliviers	18volume (25 kg)	18volume (25 kg)
Liquide d'arrosage	105L margine+1645L d'eau	105L margine+1645L d'eau

I.4.Mise en place des andains

Le procédé de compostage utilise est un andain ; chaqu'un est de forme trapézoïdale avec hauteur initiale de 1.5 m longueurs de 4m, et une largeur de 2m. Les andains sont disposés dans un grand terrain préparer comme suit : terrasse, dame ; couvert par une bâche noire pour éviter la pollution du sol et de la nappe phréatique par lixiviation.

- Nous avons commencé le mélange par une matière première sous forme d'andain ;
- Puis on a homogénéisé ces derniers et on a fait l'arrosage avec de la margine et de l'eau (5 litres de margine et 10 litres d'eau) ;
- Nous avons repris cette opération (15 fois) pour chaque andain pour avoir le volume désirable. A la fin, nous avons arrosé les deux andains avec 40 litres de margine et 10 litres d'eau.
- Après homogénéisation des substrats et une humidification voisine de 60% (valeur d'humidité optimale du compostage), le mélange est mis en andain sur une bâche noire. Des retournements manuels sont effectués pour favoriser l'aération du mélange après chaque retournement ; L'humidité est contrôlée. En cas de dessèchement des mélanges,

Un arrosage est effectué par ajout d'eau et de la margine dans les andains afin d'éviter un assèchement préjudiciable au bon déroulement des biodégradations lors de compostage.

A la fin, nous avons couvert les deux andains avec une bâche pour éviter l'évaporation des liquides.



A : Préparation des matières à composter



B : état final des andains

Figure 7 : Réalisation des andains



Figure 8 : Le dimensionnement des andains

**A : Etat de compostage aéré****B : Etat de compostage couvert****Figure 9 : Les andains à l'état final de la mise en place**

II.5. Le suivi du compostage

Les habitants du compost pour vivre, ils ont besoin d'oxygène et d'eau, la solution pour apporter l' O_2 est de faire un brassage régulier du composteur (retournement) ; et pour apporter de H_2O est de faire un arrosage régulier pour humidifier les déchets les plus secs.

II.5.1. Les retournements

Le retournement des andains sert à apporter l'oxygène nécessaire à la respiration des microorganismes, à homogénéiser le mélange et aussi à évacuer le gaz carbonique et la chaleur accumulée (Figure 10).

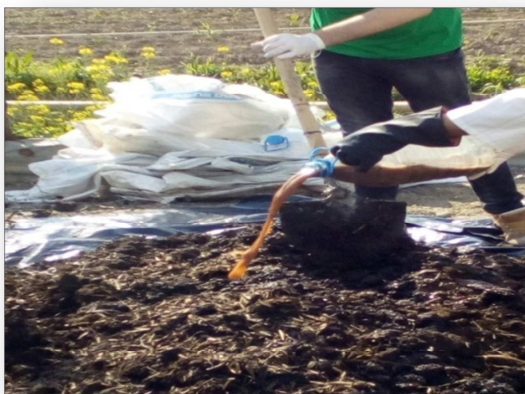


Figure 10 : Retournement des andains.

II.5.2. Arrosage

L'arrosage des lots des composts constitue l'un des facteurs les plus importants qui augmente la teneur en eau pour l'activité des micro-organismes et d'humidifier les déchets les plus secs, on a arrosé les lots avec margine et de l'eau pour atteindre une humidité comprise entre (50 à 60%).

L'arrosage s'effectue à partir du sommet du lot jusqu'à ruissèlement de l'eau à la base ; c'est-à-dire jusqu'à l'observation de lixiviat (Figure 11).



a-Avec margine



b- Avec l'eau

Figure 11 : Arrosage avec margine et eau

Tableau 2 : Retournements ; Arrosages et échantillonnages de compost

Date	Retournement	Liquide D'arrosage	Échantillonnages
02/04/2019	1 ^{er}		
10/04/2019		20 l d'eau 15l margine	1 ^{er}
23/04/2019	2 ^{eme}	50 l d'eau	
26/04/2019		40 l d'eau+35 l margine	
06/05/2019	3 ^{eme}	30 l d'eau+20 l margine	
10/05/2019		30 l d'eau	
13/05/2019	4 ^{eme}	50 l d'eau+35 l margine	
24/05/2019	5 ^{eme}	70 l d'eau	
25/05/2019		70 l d'eau	
07/06/2019		50 l d'eau	
13/06/2019	6 ^{em e}	60 l d'eau	
02/07/2019	7 ^{eme}	60 l d'eau	
07/07/2019		160 l d'eau	
20/07/2019		50 l d'eau	
22/07/2019	8 ^{eme}	70 l d'eau	
10/08/2019	9 ^{eme}	170 l d'eau	
21/08/2019		70 l d'eau	2 ^{eme}

II.6. Échantillonnages



Echantillon global



Elimination de deux parts opposées



Homogénéisation

Figure 12 : Le principe de quartage

II.6. Méthode d'échantillonnage

Des échantillons homogènes de chaque mélange sont prélevés après 19^{me} jours de la mise en place des andains le 10/04/2019, puis nous avons fait le deuxième échantillonnage pour la phase thermophile le 21/08/2019.

Afin de s'assurer de l'homogénéisation de l'échantillon, l'échantillonnage est réalisé par quartage (Figure12). Chaque échantillon composite est réalisé à partir de différents prélèvements effectués suivant les trois points ; neuf échantillons pour chaque andain ; et ensuite on a les mélangés. Un échantillon composite représentatif de 1kg est

obtenu (à deux profondeurs (0-20) et (20-40)) est destiné au laboratoire pour éliminer la microfaune de compost en phase mésophile et thermophile.

II.6.2. Extraction de la faune du compost



Figure 14 : Dispositif de l'extraction de la faune (appareil de Berlese)

➤ Méthode d'extraction de la faune du compost

L'appareil de berlèse

Il permet de récolter des insectes, araignées, etc...(de très petites tailles). L'éclairement de la lampe et la chaleur dégagée par celle-ci font fuir les insectes, araignées, etc... La microfaune finit par s'enfoncer dans la litière et tombe dans l'entonnoir, puis dans le flacon.

Maintenant, on peut observer la microfaune (en la prélevant) à la loupe.

Nous avons mis une quantité du compost bien homogénéisé de chaque andain de différentes profondeurs ; la première profondeur est de (0-20 cm) et la deuxième est de (20-40 cm) dans des entonnoirs (Figure 14) puis nous avons allumé les lampes deux heures par jour, pour une durée de 15 jours, puis nous avons prélevé la faune et on a les observé sous une loupe au grossissement ($G \times 40$).

II.6.3. Observation de la faune sous une loupe binoculaire

Figure 14 : Observation de la microfaune à la loupe binoculaire à grossissement (G×40)

Au laboratoire afin d'observer la faune qui y habitent dans le compost ; qui participe à la transformation des déchets organiques ; à l'aide d'une loupe binoculaire à grossissement (G×40) ; (Figure 14), nous avons observé différents types de faune qui vivent dans le compost. Grâce aux clés de détermination, nous avons pu les identifier.

A red scroll banner with a gradient from light red to dark red, featuring a dark red border and rounded corners. The banner is positioned horizontally across the middle of the page. The text is centered on the banner.

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1. La faune visible à l'œil nu

Parmi la faune observée, nous avons vu, des larves de coléoptère, des cloportes et des vers de terre. Parmi eux, seul le ver de terre ne possède pas de squelette extérieur (c'est un annélide). Tous les autres sont des arthropodes et en possèdent un.

Lors de réalisation de notre compostage et lors des retournements on a observé plusieurs sortes de macrofaune; ci-dessous une petite liste de faune et des organismes visible a l'œil nu (Figures 15 ; 16, 17 ; 18).

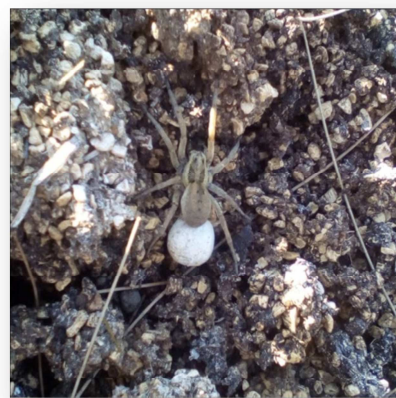
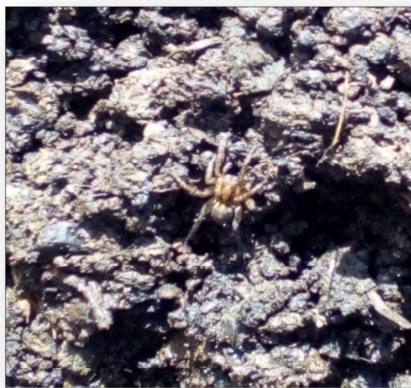


Figure 15 : Araignée lycoside (araignée-Loup Wolf spider) sans et avec sac a œufs



Figure 16 : Cloporte



Figure 17 : larve



Figure 18 : Croisement entre deux vers de terre

III.2. Extraction de la faune du compost de boues

Après l'extraction de la microfaune du compost à différentes profondeurs 0-20 et 20-40 cm en utilisant l'appareil de Berlese au laboratoire ;

Nous les avons observés sous une loupe binoculaire ; les espèces sont représentées par les figures (19 ; 20 ; 21 et 22).



Figure 19 : Collembola



Figure 20 : Coléoptère

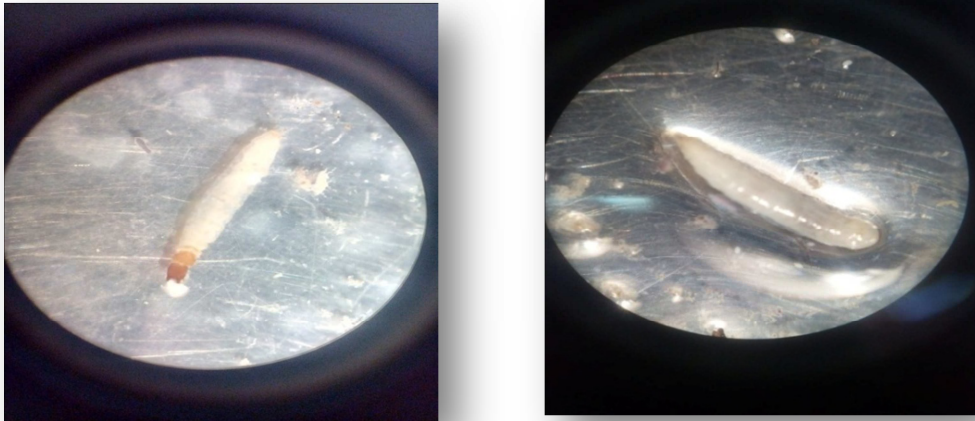


Figure 21: Larves



Figure 22 : Araignée

III.3. Le dénombrement

Dans le but d'une meilleure interprétation l'abondance du faune au cours de co-compostage des boues durant les différentes phases, nous proposons de comparer les figures (19.20, 21,22) pour les deux horizons du compost.

II.4. Effet niveau de profondeur

Les prélèvements effectués sur les différentes profondeurs (p1 et p2), ont permis de distinguer une variation distincte de la répartition et l'abondance des espèces faunistiques.

L'abondance des différents groupes de faune identifiés varie d'une manière croissante et décroissante en fonction de profondeur.

III.5. Phase mésophile et thermophile

Les prélèvements effectués sur les différentes profondeurs (p1 et p2), ont permis de distinguer une variation distincte de la répartition et l'abondance des espèces dans les phases mésophile et thermophile; les résultats obtenus illustrés par la Figure (24).

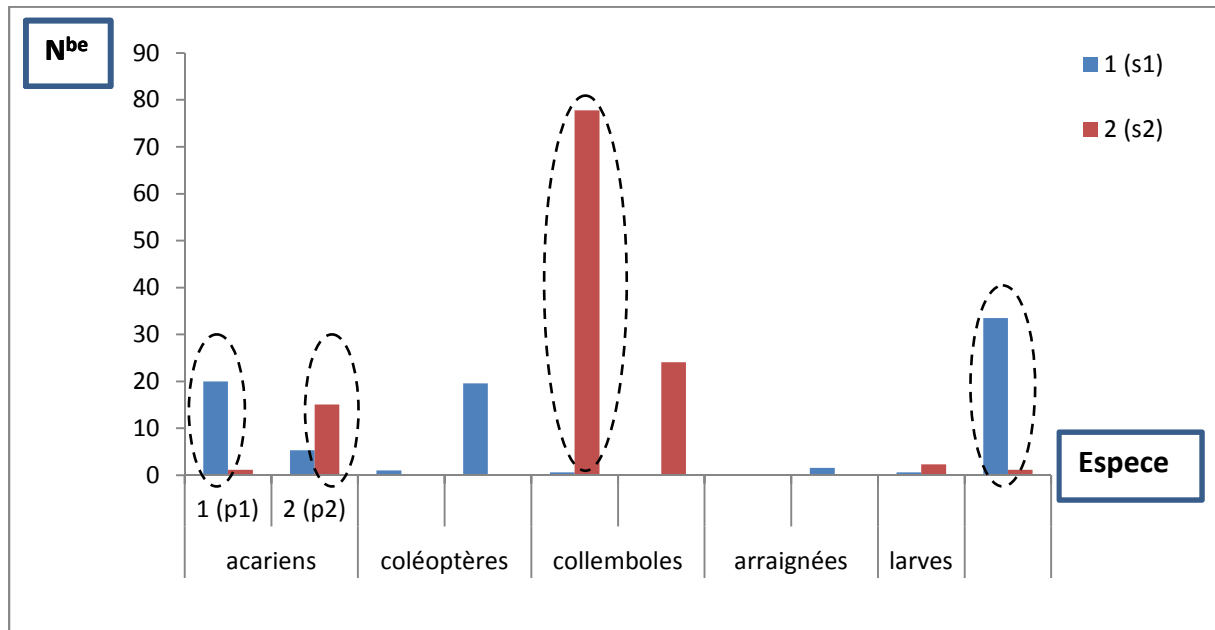


Figure 23 : Abondance de la faune dans le compost en fonction de phases et de profondeur

III.5.1. Interprétation des résultats

- Abondance très significative des collemboles à la deuxième phase de Co-compostage des boues (phase thermophile).
- L'espèce la moins abondante dans la deuxième phase de Co-compostage des boues (phase thermophile) sont les araignées.
- La disparition des coléoptères dans la deuxième phase de co-compostage des boues.

III.6. Phase mésophile

Les prélèvements effectués sur les différentes profondeurs (p1 et p2), ont permis de distinguer une variation distincte de la répartition et l'abondance des espèces dans la phase mésophile ; les résultats obtenus présentés par la Figure (24).

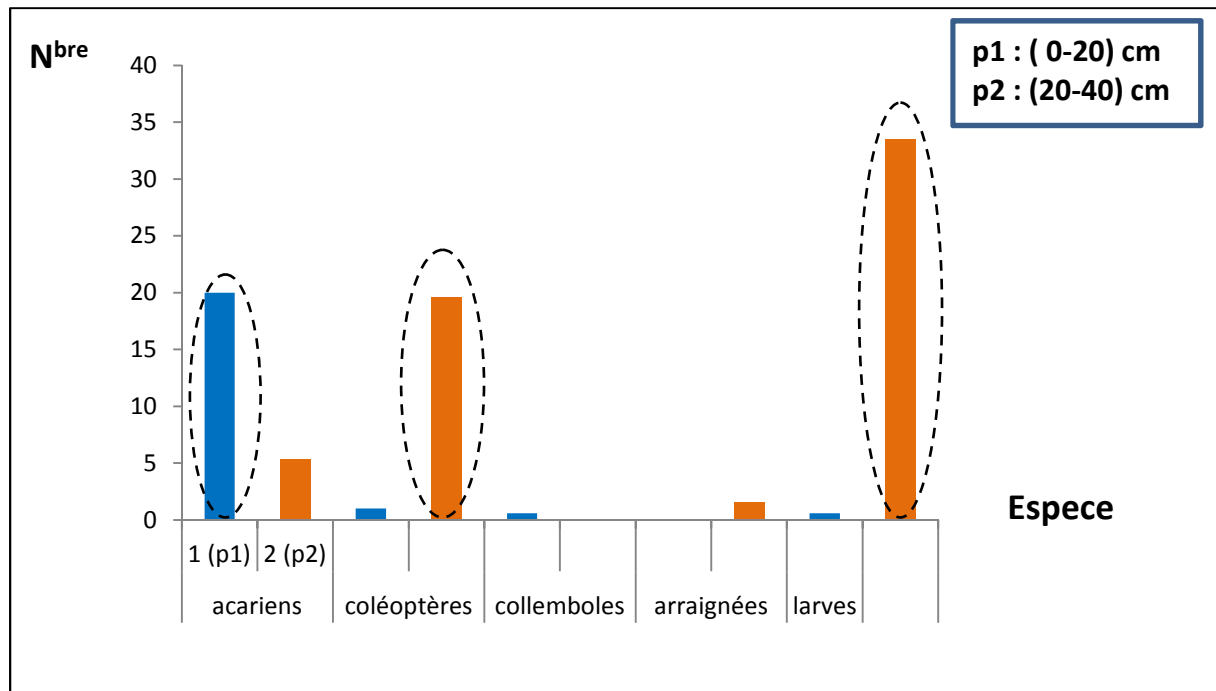


Figure 24 : Variation de l'abondance de la faune durant la phase mésophile de Co-compostage des boues en fonction de profondeur

III.6.1. Analyse des résultats

- Une augmentation significative des coléoptères et des larves au niveau de la deuxième profondeur (20-40).
- Une diminution significative des acariens avec la profondeur.
- Absence des collembolés à la première phase de compost.
- Apparition des araignées au niveau de la deuxième profondeur (20-40cm).

Cependant, on remarque que l'abondance des larves de coléoptères, est plus importante en profondeur.

Les coléoptères, se répartissent dans les horizons humifères et les annexes du sol. Donc la présence des larves et les coléoptères dans la deuxième profondeur de compost et leur fuite en profondeur pour déposer leurs œufs.

Nous remarquons également que le groupe des myriapodes et des isopodes suivent le même comportement que celui des larves coléoptères.

III.7.Phase thermophile

Les prélèvements effectués sur les différentes profondeurs (p1 et p2), ont permis de distinguer une variation de la répartition et de l'abondance des espèces durant la phase mésophile ; les résultats obtenus illustrés par la Figure (25).

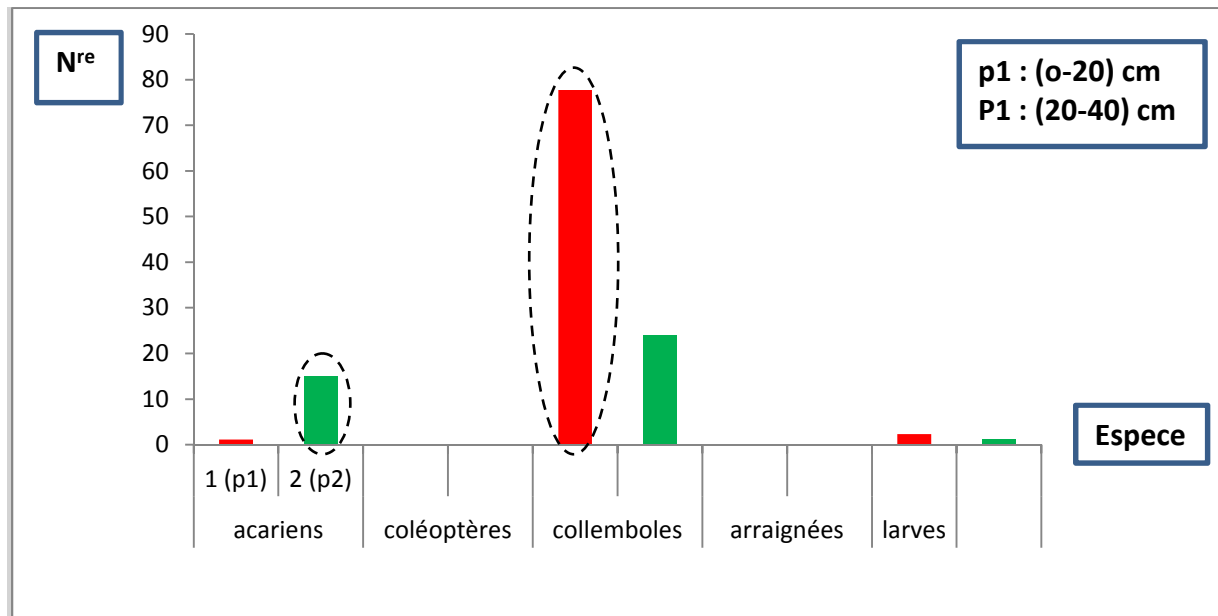


Figure 25 : Abondance des invertébrées dans le Co-compostage des boues durant la deuxième phase (Thermophile)

III.7.1.Interprétation des résultats

Abondance significative des collembolles à la deuxième phase de Co-compostage des boues, ce qui signifie que cette espèce préfère les milieux où les températures supérieures à 45°C au niveau de la première profondeur (0-20cm) puis elles diminuent au niveau de la deuxième profondeur (20-40cm).

- Augmentation non significative des acariens en fonction de profondeur
- Toutefois, les résultats illustrés par la (Figure 26) montrent que, les acariens répondent différemment à l'effet de température dans les couches profondes. Ce résultat peut être expliqué par l'accumulation du carbone organique en profondeur..
- La disparition des coléoptères ; les larves et les araignées, signifie que ces espèces ne supportent plus les hautes températures.

- Les conditions de milieu agissent sur la distribution faunistique dans le co-compostage des boues alors que les collemboles préfèrent les hautes températures. Contrairement aux autres espèces que nous avons observé dans notre compost de boues (les larves, coléoptères ; acariens et araignées).

III.8. Evaluation de la microfaune totale

Durant cette étude, nous avons recensé un total de 1113 individus /kg (Figure 26).

Tableau 3 : Le nombre total de la faune observée durant les deux premières phases de Co-compostage de boues

Faune	Coléoptères	Collemboles	Araignées	Larves	Acariens
Nombre Total (individus)	199	646	24	140	124

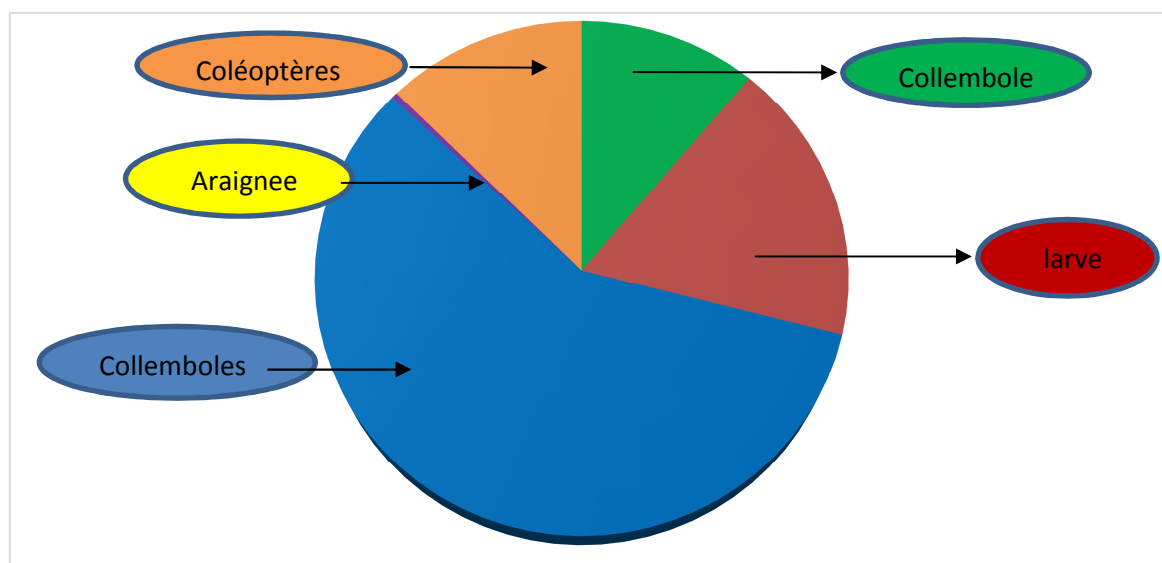


Figure 26 : La totalité des individus dénombrée en fonction de la profonde dans durant les deux premières phases de co-compostage des boues

III.8.1. Analyse des résultats

Le dénombrement de faune au cours de compostage des boues a montré que les collemboles, coléoptères, les larves et les acariens sont fortement représentés avec une totalité 646, 199, 140 et 124. La dominance reste faible pour les araignées avec une totalité de 24.

Le dénombrement de la faune dans les deux phases de Co-compostage des boues pour les deux andains, nous a permis de recenser un total de 1113 faune, regroupés en 5 ordres, leur abondance suit la tendance suivante :

- Collemboles > coléoptères > larves > acariens > araignées.
- Avec : 646 > 199 > 140 > 124 > 24.
- L'espèce la plus abondante c'est l'espèce des collemboles avec 646.
- L'espèce la moins abondante c'est l'araignée avec 24.

III.9. Les caractéristiques de la faune observée**III.9.1. Les collemboles**

C'est l'espèce la plus abandonne dans le Co-compostage des boues

- Ils se retrouvent majoritairement dans les milieux humifère (dans les litières pour les plus gros)
- Ils préfèrent un milieu humifère riche en MO
- Ils se nourrissant de MO fraîche ; ils participent à la dynamique de décomposition par microfragmentation et brassage.
- Ils joueraient un rôle important en protection biologique contre les nématodes parasites, contrebuteraient plus largement et d'une manière non spécifique à la régularisation des populations de nématodes
- Ils s'adaptent aux horizons profonds, les rend reconnaissables par leur morphologie
- Décomposeurs de MO
- Ils joueraient rôle en protection biologique contre les nématodes parasites
- Ils se nourrissant de MO fraîche ; ils participent à la dynamique de décomposition par microfragmentation et brassage.

- Ils joueraient le rôle important en protection biologique contre les nématodes parasites contrebuteraient plus largement et de la manière non spécifique à la régularisation des populations de nématodes.
- N'aimant pas la lumière, les collemboles partent du centre de leur habitat naturel et recherchent les endroits frais et ombragés. D'une taille inférieure au millimètre et d'une couleur le plus souvent incolore,
- Ils présentent une diversification périodique selon les saisons. Leur quantité et qualité est signe de bon état du compost. L'hiver entraîne souvent une baisse de leur activité du fait de leur sensibilité aux faibles températures

III.9.2. Les acariens

Ce sont des microarthropodes les plus représentés dans le sol, ils ont quatre paires de pattes. Les Acariens sont surtout nombreux dans les couches superficielles du compost, mais certains peuvent vivre beaucoup plus profondément dans le compost. Ils supportent mieux la sécheresse que les collemboles et demeurent actifs en été. Ils sont généralement phytosaprophages et aussi coprophages et certaines espèces se nourrissent de la microflore. D'autres sont prédateurs et consomment des Nématodes, des Collemboles, des larves d'Insectes, ou même d'autres Acariens.

III.9.3. Les coléoptères

L'ordre des Coléoptères est le groupe le plus vaste de la classe des Insectes, mais aussi de tout le règne animal. De taille variable de 0,5 mm à 25 mm, ils comprennent probablement plus d'un million d'espèces dans le monde, localisés dans les régions tempérées. On trouve des larves de Coléoptères dans tous les écosystèmes terrestres, ils peuvent aller jusqu'à 1 m de profondeur pour hiberner. Certaines sont adaptées au fouissage, d'autres à la vie aquatique et d'autres au déplacement sur les sols sableux. La plupart vivent dans les litières et dans la matière végétale où ils jouent le rôle de décomposeurs. Ils se nourrissent des racines, des morceaux de feuilles, du bois ou des animaux vivants).

Les coléoptères et les acariens surpeuplés le compost et par leur activité professionnelle, permettent une bonne aération du compost, leur peau étant transparente. Malheureusement, par un processus naturel encore peu connu, plus elles sont nombreuses, moins il y a d'aération, c'est sans doute à cause des gaz qu'ils émettent qu'un manque d'oxygène se fait souvent ressentir (réaction de combustion intra bactérienne. Il faut donc remuer le compost.

III.9.4. Les araignées

Les Araignées ou Aranéides sont des Arthropodes de la classe des Arachnides, avec huit pattes sans ailes ni entête, des yeux simples. Ce sont des prédateurs qui se nourrissent exclusivement de proies vivantes. La grande sensibilité des Araignées aux changements de structure en fait des indicatrices fines de l'évolution des milieux. Elles semblent donc particulièrement indiquées pour les études consacrées à cette évolution. Elles ne sont en revanche pas de bonnes indicatrices pour des milieux fréquemment remaniés comme les cultures.

III.9.5. Les vers de terre

Le ver de terre considère comme une star du compost, plusieurs sortes de vers participent à l'activité d'un composteur, tous contribuent à la décomposition de la matière organique. Leurs déjections sont très riches en éléments nutritifs pour les plantes.

A decorative red scroll graphic with a dark red border and a lighter red fill. The scroll is unrolled in the center, with the word "Conclusion" written in a bold, black, serif font. The scroll has a slight 3D effect with a shadow on the right side.

Conclusion

Conclusion

La pratique du compostage et l'utilisation du compost en agriculture ont des implications: environnementale agronomique et économique.

Les résultats de l'essai du co-compostage des boues de station d'épuration lancé au mois de mars 2019, nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

L'activité biologique est tellement conséquente que la température augmentait.

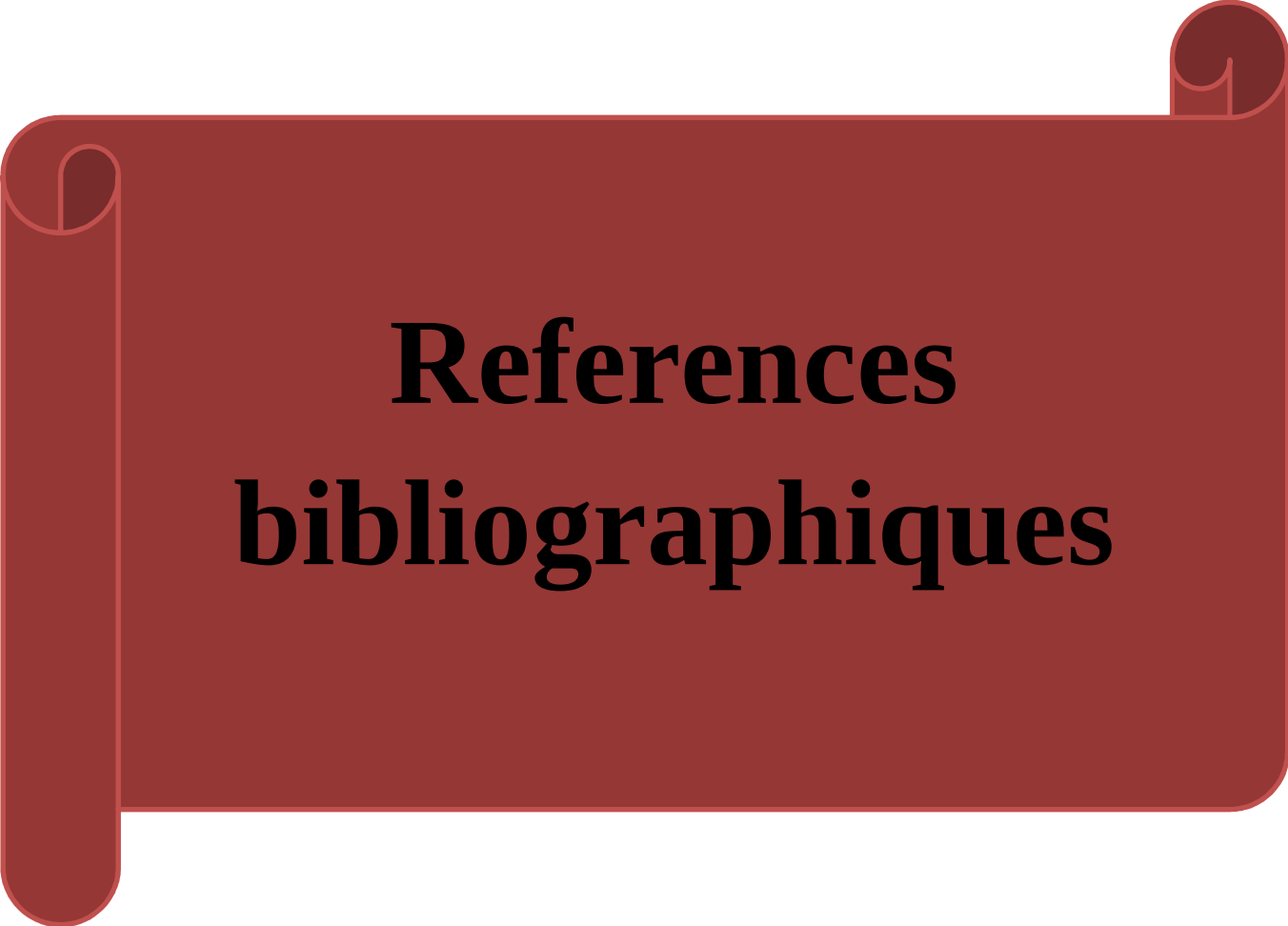
La faune qui existe dans le co-compostage des boues est très utile et a un rôle important dans le bon fonctionnement du compost : ils l'enrichissent lors de leur travail méticuleux de décomposeurs.

Tous les décomposeurs n'«habitent» pas le tas de déchet au même moment. Ils interviennent à différents stades de la dégradation de la matière organique.

Dans notre compost nous n'avons suivi que les deux premières phases de co-compostage des boues résiduelles (phase mésophile et thermophile).

Les résultats obtenus montraient:

- Une abondance très significative des collemboles à la phase thermophile de co-compostage des boues et l'espèce la moins abondante durant cette phase c'est les araignées.
- Une disparition des coléoptères durant de Co-compostage des boues (phase thermophile).
- Le dénombrement de la faune dans les deux phases de co-compostage des boues pour les deux andains, nous a permis de recenser un total de 1113 macrofaune /kg, regroupés en 5 ordres, leur abondance suit la tendance suivante :
- Collemboles> coléoptères > larves>acariens>araignées, Avec: 646>199>140>124>24.
- L'espèce la plus abondante c'est les collemboles avec 646.
- L'espèce la moins abondante c'est l'araignée avec 24.



References

bibliographiques

Références bibliographiques

- **ADEME., 2001.** "Déchets organiques - Essai agronomique de plein champ d'un compost des Déchets verts (résultats 8e année d'expérimentation)." Paris, France.
- **ADEME., 2008.** Guide pratique sur le compostage. ADEME édition, Paris, 20 pages.
-
- **ALBRECHT R.,2007.** Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts.

AMIR S., 2005. Contribution à la valorisation des boues de station d'épuration par compostage devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost thèse de doctorat en Sciences Agronomiques de l'institut national polytechnique de Toulouse .312 p.

- **Azabi Aida.,2012 .** Influence des boues résiduelles sur le comportement d'une culture sous-jacente à touggourt these Ing 59P.
- **Boisselle F., (1999).** Évaluation des performances de l'incinération de boues de désencrage dans un lit fluidisé circulant interne. Thèse de doctorat de 1 'école polytechnique de Montréal, Québec, Canada, 144 pages.
- **Cardwell., M. (1994).** Utilizing De-Inking Sludge- From Mill to Soil. Biocycle. **March.CemenTech, Inc.** [http: //www.cementech.com](http://www.cementech.com)
- **El Ouazzani, D.C. (2005).** Caractérisation physico-chimique et valorisation en bâtiment et travaux publics des cendres issues de 1' incinération des boues de papeterie. Thèse de doctorat de l'institut national des sciences appliquées, de Lyon, Université de Lyon, France, pages 16, 20 et 37.
- **Emilie Jardé., 2002 .**Composition organique de boues résiduelles de stations d'épuration lorraines : Carac- térisation moléculaire et effets de la biodégradation. Géochimie. Université Henri Poincaré - Nancy I, 2002. Français.

Références bibliographiques

- **Francou, C. 2003.** Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage – Recherche d’indicateurs pertinents, Thèse de Doctorat, Institut national agronomique Paris- Grignon, 289p.
- **Gnon ; B. ; Guy ; M ; 2011 ;** Valorisation des déchets solides urbains dans les quartiers de lomé (togo): approche méthodologique pour une production durable de compost ; Thèse docteur de l’université de lomé en co-tutelle avec l’université de limoges pâtes et papiers. Rapport Synthèse Gouvernement du Québec, Ministère de l’environnement et de la faune.
- **LARBI M., 2006.** influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques. thèse, institut de recherche de l’agriculture biologique fibl, ch-frick; l’université de neuchâtel.
- **MARTIN H. 2005.** *Introduction au compostage agricole*, Fiche Technique du Ministère de l’Agriculture et de l’Alimentation, Ontario, Mars 2005.
- **MISRA R.V., ROY R.N. et HIRAOKA H. 2005.** Méthodes de compostage au niveau de l’exploitation agricole, Rome, Organisation des Nations Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture. 51p.
- **Scott, G.M., Smith A. (1995).** Sludge Characteristics and disposed alternatives for the pulp and paper industry. Proc. of the 1995 International environmental conference, May 7-10; Atlanta, GA, Tappi press: 269-279.
- **SIMONS, H.A. (1994).** Méthodes de gestion des boues générées par les fabriques des zurbrugg c. et ahmed r., 1999. "enhancing community motivation and participation in solid waste management" sandec news 4.

References électroniques:

- <http://blogs.paris.fr/compost/2014/05/22/le-compost-a-la-loupe-5-les-macro-organismes-du-compost/>
- <https://www.franceenvironnement.com/sous-rubrique/compostage-de-bouescontact@compagnons-des-jardins.com>
- Richard, T. 1996. The effect of lignin on biodegradability. *In: Cornell composting*. (Available at <http://www.cfe.cornell.edu/compost/calc/lignin.html>)

Résumé

L'objectif de cette étude est de compter et d'identifier la faune intervenant dans le Co-compostage des boues. Dans ce travail que nous avons fait consiste à identifier la faune à deux stades de co-compostage des boues urbaines ; évalués sur des échantillons prélevés à différentes profondeurs de compostage 0-20 et 20-40cm. Les résultats obtenus ont révélé une abondance très significative des collemboles à la deuxième phase de Co-compostage des boues (phase thermophile). Le dénombrement de la faune dans les deux phases de Co-compostage des boues pour les deux andains, nous a permis de recenser un total de 1113 macrofaune /kg, regroupés en 5 ordres dont leur abondance suit la tendance suivante : Collemboles > coléoptères > larves > acariens > araignées. L'espèce la plus abondante c'est les collemboles avec 646 individus /Kg. la moins abondante c'est l'araignée avec 24 individus /Kg.

Mots clés : compost, boues de station d'épuration, faune, microfaune ...

Summary

The objective of this study is to count and identify the fauna involved in the sludge co-composting. In this work we have done, we have identified fauna at two stages of co-composting urban sludge; evaluated on samples taken at different composting depths 0-20 and 20-40cm. The results obtained revealed a very significant abundance of collembola in the second phase of sludge co-composting (thermophilic phase). The counting of fauna in the two phases of sludge co-composting for the two windrows enabled us to identify a total of 1113 macro-fauna /kg, grouped into 5 orders, whose abundance follows the following trend: Collembola > beetles > larvae > mites > spiders. The most abundant is the collembola with 646 individuals /Kg. The least abundant is the spider with 24 individuals /Kg.

Keywords: compost, sewage sludge, fauna, micro-fauna ...