

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de TIZI OUZOU
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département Agronomie



Mémoire de fin d'études du Master Académique en
Agronomie
Spécialité : Science du sol
THEME



Réalisé par : M^r BOUSSAA Sofiane

Devant le jury :

Présidente:	Mme HEDJAL M.	MCA	UMMTO
Promotrice :	M^{me} OMOURI O.	MAA	UMMTO
Examinatrice 1 :	M^{me} BOURBIA S.	MCA	UMMTO
Examinatrice 2 :	M^{me} TIBICHE G.	Doctorante	UMMTO

Promotion : 2018-2019

Remerciements

D'abord je tiens à remercier, le bon Dieu de m'avoir donné la force, le courage et la volonté pour réaliser et accomplir ce modeste travail.

Mes vifs remerciements à ma promotrice **M^{me} OMOURLO**, Maitre-assistant chargé de cours classe A au département des sciences agronomique à l'UMMTO, d'avoir accepté de m'encadrer, et d'avoir dirigé ce travail ainsi que pour ces conseils, ses encouragements et son aide tout au long de la réalisation de ce mémoire. J'espère qu'elle trouve ici l'expression de mes gratitude et profond respect.

Mes vifs remerciements s'adressent aux membres du jury:

M^{me} HEDJAL.M qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.

M^{me} BOURBIA. S et **M^{me} TIBICHE.G** qui ont accepté aimablement d'évaluer ce modeste travail.

Mes remerciements s'adressent également à **ISSAOUNE.D** qui a fait preuve d'un grand apport pour la réalisation de ce travail.

Enfin, mes remerciements vont également à ma famille et à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Je dédie ce travail

A l'âme de mon père AREZKI (LEKRIM) qui nous a quitté à jamais en octobre 2007, que j'aurais tant aimé voir présent aujourd'hui.

Que Dieu le tout puissant lui accorde sa miséricorde et l'accueille dans son vaste paradis.

Liste des acronymes

Step : stations d'épuration

H : Humidité

MO : Matière organique

N : Azote

C : Carbone

C/N : rapport Carbone/Azote

T : Température °c

cm : centimètre.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

H% : pourcentage d'humidité.

pH : potentiel Hydrogène.

ETM : éléments traces métalliques

CTO : composés traces organiques

m³ : mètre cube.

ml : millilitre.

O₂ : Oxygène.

Kg : Kilogramme.

g: gramme.

LISTE DES FIGURES

Figure 01. Les boues d'épuration.....	8
Figure 02. Le fumier de bovin riche en paille.	8
Figure 03. Le grignon d'olive.....	9
Figure 04. La margine.	9
Figure 05. Etats du composte a la mise en place des andins.	11
Figure 06. Retournement des andains.	12
Figure 07. Arrosage avec eau.	13
Figure 08. Arrosage avec margine.	13
Figure 09 . Test d'humidité.	14
Figure 10. Prélèvement d'échantillon avec une tarière.	15
Figure 11. Méthode de quartage.....	16
Figure 12. Mesure de température.....	17
Figure 13. Evolution de la température des andains 1et 2 au cours de la phase mésophile et thermophile.....	19
Figure 14. Évolution de pH au cours de phase mésophile et thermophile.	20

Liste des tableaux

Tableau 1. Dispositif du compostage.....	10
Tableau 2. Analyse de la variance.....	21
Tableau 3. Test de NEWMAN-KEULS.....	21

Sommaire

Introduction	1
---------------------------	----------

Chapitre I : Valorisation des boues résiduaires par compostage

I.1. Boues résiduaires urbaines.....	2
I.1.1. Définition et origine des boues	2
I.1.2. Traitement et types de boues	2
1. Le conditionnement.....	2
2. L'hygiénisation	2
3. La déshydratation	2
I.1.3. Les différents types de boues.....	2
1. Les boues industrielles	2
2. Les boues primaires.....	2
3. Les boues biologiques ou secondaires	3
4. Les boues physico-chimiques	3
5. Les boues mixtes	3
I.2. Valorisation des boues en agriculture.....	3
I.2.1. Méthode ou procédés de valorisation des boues.....	3
1. Co-Compostage	3
I.2.2. Phase de compostage	4
1. La phase mésophile	4

2. Phase thermophile	4
3. phase de refroidissement	4
4. La phase de maturation	4
I.2.3. Paramètre d'études de compostage.....	5
1. Le taux d'oxygène	5
2. Le rapport C/N	5
3. Granulométrie.....	5
4. Température	5
5. pH.....	5
6. L'humidité.....	6
I.2.4. Les mécanismes impliqués	6
I.2.5. Les micro-organismes impliqués dans le compostage.....	6
1. Les bactéries.....	7
2. Les champignons.....	7
3. Les algues, les protozoaires et les animaux pluricellulaires.....	7

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1. Matériels utilisés pour le compostage	8
II.2. Procédé de compostage	9
II.3. Mise en place des andains	10
II.4. Le suivi du compost	11
1. Le Retournement	11

2. L'arrosage	12
3. Tests d'humidité	14
II.5. Méthodes et périodes d'échantillonnage	14
1. Principe de quartage	15
II.6. Mesure de La température	16
II.7. Mesure du PH.....	17
1. Matériel utilisé	17
2. Méthodes d'analyse.....	17

Chapitre III Résultat et discussion

III.1.Evolution de la température	18
III. 2.Evolution du PH	19
Conclusion.....	22

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

En Algérie la production des boues résiduelles est estimée à plus de 400 mille tonnes de matière sèche (MS) par an. La plupart des boues sont dirigées vers les décharges. Ce qui doit être remis en question pour des raisons sociales et environnementales.

Les boues des stations d'épuration, dont l'utilisation en agriculture peut contribuer à la solution de leur élimination et offrir un bénéfice appréciable à l'exploitation agricole. Ces boues possédant une grande quantité de matière organique, d'azote, de phosphore... elles peuvent jouer le rôle de matière fertilisante (engrais et/ou amendement).

Le compostage est défini comme : « un processus contrôlé de dégradation des constituants organiques d'origine végétale et animale ,par une succession de communautés microbiennes évoluant en conditions aérobies, entraînant une montée en température, et conduisant à l'élaboration d'une matière organique humifiée et stabilisée. Le produit ainsi obtenu est appelé compost. » (Francou, 2003).

Ce travail a été réalisé dans le but de suivre et d'évaluer les paramètres physiques et chimiques au cours du co-compostage des boues résiduelles urbaines. Ce choix a été effectué compte tenu de leur richesse en matières organiques et le maintien de la fertilité des sols. Cette étude a également pour objectif le co-compostage des boues afin de les hygiéniser et déterminer l'efficacité et l'intérêt de boues compostées vis-à-vis du sol et de la culture en place.

Ce mémoire comprend trois chapitres principaux :

- Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique, qui traite dans sa première partie de généralités sur les boues et dans sa deuxième partie sur le processus de compostage ;
- Le deuxième chapitre porte sur le matériel et la méthodologie de travail ;
- Le troisième chapitre est consacré aux résultats obtenus et à leur interprétation et discussion ;
- conclusion générale.

Chapitre I

Valorisation des boues résiduelles par co-compostage

I.1. Boues résiduaires urbaines

I.1.1. Définition et origine des boues

Les boues sont des résidus de traitement provenant de stations d'épuration des eaux ménagères ou des eaux d'égouts communaux, c'est aussi un résidu de curage de fosse septique. Le terme « boues de station d'épuration des eaux usées » est le terme générique pour les différentes matières issues des processus d'épuration des eaux usées. Ces boues proviennent du traitement d'eaux ménagères, urbaines et industrielles rejetées dans les égouts publics. Dans les STEP, divers autres déchets sont à prendre en compte : déchets flottant entraînés par les eaux et sable (Ouazani, 2009).

I.1.2. Traitement de boues

Les boues subissent plusieurs traitements:

1. Le conditionnement : il permet la stabilisation des boues (des boues stables sont des boues non fermentescibles).

2. L'hygiénisation : il se fait par compostage ou adjonction de chaux, de nitrites, et aussi par séchage (décrite en France à l'article 16 de l'arrêté du 08/01/98.) et parfois par bio-séchage.

Ces opérations impliquent des méthodes physiques (thermique) et/ou chimiques (ajout de réactifs minéraux, de polymères de synthèse ou de poly-électrolytes), puis l'épaississement va réduire le volume des boues par tassement naturel ou mécanique (séchage, drainage, etc.).

3. La déshydratation : (par centrifugation, filtre-presse, filtre à bandes presseuses, électro-déshydratation, lit de séchage planté de roseaux), ce traitement libérera une grande partie de l'eau constituant l'essentiel du volume des boues. Les boues sont ensuite au vu de leur toxicité ou de degré d'innocuité pour l'environnement, stockées ou brûlées dans des incinérateurs ou cimenteries ce qui réduit légèrement la consommation de clinker et de matière première issue de carrière (Liénard, 1999).

I.1.3. Les différents types de boues

Selon l'origine, on pourra distinguer les types de boues suivantes :

1. Les boues industrielles ; C'est l'ensemble de déchets liquides, pâteux ou solides sortant du site de production (Salhi, 2003).

2. Les boues primaires : Obtenues par simple décantation d'un résidu insoluble. Ces boues correspondent à la pollution particulaire directement décantable. Elles sont produites par les

industries de la cellulose, les industries de traitement des métaux, des minerais, les industries agroalimentaires générant des déchets fibreux (Ademe, 1999).

3. Les boues biologiques ou secondaires : Sont issues d'un bassin aéré ou d'une cuve anaérobie ; des industries chimiques et pharmaceutiques, agroalimentaires (laiteries, boissons...), textiles et, plus généralement, de toute industrie rejetant de la pollution organique biodégradable. Elles sont essentiellement constituées de bactéries et sont très organiques et peu concentrées (Murillo, 2004).

4. Les boues physico-chimiques : Sont générées par l'ajout d'un réactif injecté soit en tête de traitement, soit en traitement de finition, en tertiaire, on retrouve souvent dans ces boues des hydroxydes, voire d'autres métaux dans le cas des industries de traitement de surface. Ces boues peuvent donc présenter certaines similitudes avec des boues d'eau potable. (Ademe, 2001).

5. Les boues mixtes : C'est le mélange des boues biologiques et des boues primaires.

Elles existent au niveau des STEP dotées d'une filière de traitement complète (Albrecht, 2007).

I.2. Valorisation des boues en agriculture

La valorisation des boues en agriculture a un intérêt agronomique pour les sols car elles contiennent une teneur élevée en matière organique, cependant elles peuvent aussi être chargées en substances indésirables telles que des éléments traces métalliques (ETM), des composés traces organiques (CTO), des micro-organismes pathogènes et des composés pharmaceutiques (Ademe, 2013).

I.2.1. Méthode ou procédé de valorisation des boues

1. Co-Compostage

Le co-compostage est d'abord un procédé de stabilisation de la matière organique, puis un procédé de valorisation organique produisant un compost soumis aux mêmes contraintes réglementaires pour l'épandage agricole. Cependant, le co-compostage présente plusieurs avantages par rapport à l'épandage après chaulage :

- réduction du volume des boues et de leur teneur en eau.
- réduction des odeurs ou élimination.
- meilleure maniabilité (meilleure structure que les boues non compostées).

- stabilisation et hygiénisation naturelles sans additifs chimiques.
- intérêt agronomique (une grande quantité d'humus riche en éléments fertilisants).
- La valorisation agricole après compostage est garantie en raison de la qualité du produit final, s'il est commercialisé, peut garantir la rentabilité de l'opération.

A cause d'un rapport trop faible carbone/azote (C/N), et de l'absence d'élément structurant, les boues de STEP ne sont pas compostables seules. Il est donc nécessaire de mélanger les boues avec des déchets verts qui permettent de structurer et d'aérer le substrat, afin d'obtenir un produit final de bonne qualité. Ce procédé nécessite des garanties quant à la qualité et à la quantité des deux flux (déchets verts et boues) afin d'assurer un mélange homogène dans la durée (Amorce, 1998).

I.2.2.1. Phases de compostage

1. La phase mésophile

Lors de cette phase, les bactéries principalement mésophiles s'attaquent aux composés facilement biodégradable, tels que les glucides les lipides et les protides. La température augmente graduellement jusqu'à 40°C (Michaud, 2007).

2. Phase thermophile

Phase qui peut durer plusieurs mois et voit le compost atteindre un plateau de température. La fraction organique cellulaire est dégradée en substances humiques ou pré-humiques plus stables. la température la plus élevée n'est pas nécessairement la meilleure et, pour une réaction optimale, il est préférable de viser la plage entre 56 et 69 C (Suler et Finstein, 1977).

3. 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 (Franco, 2003).

1. La phase de maturation

La température finale dans cette phase baisse jusqu'à atteindre la même température que le sol, selon le climat entre 15 et 25°C (Inkel et al, 2005). À ce moment, les champignons et les actinomycètes prennent la relève pour attaquer les composés qui sont plus difficiles à

décomposer tels que la cellulose et la lignine. Dans cette phase on remarque la colonisation du compost par des vers de terre et des insectes (Michaud, 2007).

I.2.2.2. Paramètre d'études de compostage

1. Le taux d'oxygène

L'oxygène est utilisé par les micro-organismes comme un récepteur terminal d'électrons lors de la respiration aérobie et de l'oxydation des substances organiques, pour un bon déroulement de compostage et afin de maintenir les conditions aérobies nécessaires à une décomposition rapide et inodore. la présence d'oxygène à un seuil minimal de l'ordre de 5% d'O₂ est indispensable au bon déroulement du compostage (Tomati et al., 1995).

4. Le rapport C/N

Est un facteur indispensable à l'activité biologique. Les bactéries utilisent le carbone comme source d'énergie et l'azote comme source protéique. Le procédé de compostage entraîne une décomposition de la MO, donc une consommation de l'azote et du carbone, correspondant à la diminution du rapport C/N. Le C/N d'un substrat est très variable et dépend de la composition intrinsèque du substrat composté (Mustin, 1987).

5. Granulométrie

La taille des matières à composter est un facteur qui influence la vitesse de biodégradabilité. En effet, plus les particules sont petites, plus la surface spécifique augmente, ce qui favorise la surface de contact pour les micro-organismes. Toutefois, si la taille des particules est trop petite, l'espace lacunaire est réduit, ce qui entrave la circulation de l'air dans la matière en compostage (Aboulam, 2005).

6. Température

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 ont une température idéale située entre 50 et 70°C (Misra et al., 2005).

5. pH

L'intervalle de pH pour la plupart des composts matures finis va de 6,0 à 8,0 (Stoffella et Kahn, 2001). Le pH diminue légèrement au début du processus de compostage en raison de la production d'acides organiques. Peu de temps après, avec l'utilisation de ces acides comme

substrats par les autres microbes aérobies, le pH augmente au cours des étapes de refroidissement et de maturation (Dinesh, 2014).

6. L'humidité

Est un facteur indispensable à la décomposition des substrats, bien que si la teneur en eau est en dessous de 20%, la décomposition sera inhibée. En revanche, si elle dépasse 70%, l'eau commence à remplir les espaces lacunaires des déchets et empêche les échanges d'oxygène, provoquant des conditions favorables à l'anaérobiose. Selon plusieurs revue bibliographique 39 auteurs (Richard et al., 2002), l'optimum de teneur en eau se situe entre 40% et 60%.

I.2.2.3 Les mécanismes impliqués dans le compostage

Il existe deux types de compostage, en présence et en absence d'oxygène. La nature du processus de décomposition y est directement liée. Lors de carence en oxygène, les microorganismes anaérobies dominent et élaborent des composés intermédiaires tels que le méthane, le sulfure d'hydrogène et quelques autres substances spécifiques des fermentations anaérobies. En l'absence d'oxygène, ces composés ne sont pas métabolisés et s'accumulent.

Un grand nombre de ces composés présentent de forts pouvoirs olfactifs et certains d'entre eux peuvent entraîner une phytotoxicité lors de l'épandage des composts comme amendements organiques. De plus, le compostage anaérobie est un processus s'effectuant à basse température; ainsi, les graines d'adventices et les pathogènes ne sont pas affectés et détruits par l'élévation de chaleur caractérisant un processus aérobie. Enfin, ce processus anaérobie nécessite davantage de temps que le compostage en présence d'oxygène. Ces inconvénients contrebalancent fortement les avantages de ce procédé. Bien que plusieurs travaux aient montré la présence possible de zones anaérobies dans un compost dit « aéré ». De telles zones peuvent être expliquées par l'intense activité microbienne consommatrice d'oxygène et génératrice de gaz carbonique, combinée à un manque d'aération du compost (He et al., 2000; Beck-Friis et al., 2001).

I.2.2.4. Les micro-organismes impliqués dans le compostage

La microbiologie du compostage doit être étudiée au travers de divers aspects, comme par exemple, la composition et la succession des communautés pendant le processus, les micro-habitats, ainsi que les fonctions des microorganismes au sein de la communauté (Haruta et al., 2005).

I.2.2.4.1. 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 3 μm . 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).

I.2.2.4.2. 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).

I.2.2.4.3. 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).

Chapitre II

Matériels et méthodes

L'objectif de ce chapitre est de présenter tout d'abord les matériaux et les dispositifs expérimentaux utilisés dans ce travail. Par la suite, les différentes méthodes d'analyses physiques pour suivre l'évolution du compost.

II.1. Matériels utilisés pour le compostage

- Les boues d'épuration provenant de la STEP de Boukhalfa de Tizi Ouzou
- Les grignon d'olives proviennent d'un village Sid Ali Bounab Ait Kharcha Tizi ouzou
- Les feuilles d'olives proviennent d'un village Sid Ali Bounab Ait Kharcha Tizi ouzou
- Les margines proviennent d'un village Sid Ali Bounab Ait Kharcha Tizi ouzou
- Le fumier de bovin provient d'un éleveur de bovins de village Tirmatine Tizi ouzou

Ces matériaux du compostage sont illustrés par les (figures 1,2, 3 et 4)



Figure 01. Les boues d'épuration



Figure 02. Le fumier de bovin riche en paille



Figure 03. Le grignon d'olive



Figure 04. La margine

II.2. Procédé de compostage

Les travaux d'expérimentation ont été réalisés sur un site appartenant aux frères Oumellil à Boukhalfa. Les proportions des produits organiques résiduels utilisés sont regroupées dans le tableau 1. Le mélange est mis en andain sur une bâche, pour éviter toute perte de lexiviats.

Tableau 1. Composition des andains

Constituants	Andain 1	Andain 2
Boues%	50 %	50%
Grignon d'olive %	30%	30%
Fumier de bovin%	20%	20%
Feuilles d'oliviers	18 volumes 25 kg	18 volumes 25 kg
Liquide d'arrosage	Eau + Margine	Eau + Margine
Quantité de margine	105 litre	105 litre
Quantité d'eau	1645 litre	1645 litre
Nombre de retournement	10	10

II.3. Mise en place des andains

Le procédé de compostage a débuté le 19/03/2019, L'expérimentation a été réalisé dans une parcelle expérimentale à Boukhalfa. Le procédé utilisé est un compostage en andain. Chaqu'un est de forme trapézoïdale avec une hauteur initiale de 1.5m, de 4m de longueur 2m de largeur. Le volume de chaque andain est de 12m³. Les andains sont disposés sur un grand terrain préparé comme suit : terrassé, damé, couvert avec une bâche (figure 5).



Figure 05. Etats du compost à la mise en place des andains.

II.4. Le suivi de compost

1. Le retournement

Le retournement des andains sert à apporter l'oxygène nécessaire à la respiration des microorganismes, à homogénéiser le mélange des matières compostées, et aussi à évacuer le gaz carbonique et la chaleur accumulé.

Il permet le mélange et décompacte les matériaux (Anita, 2003).

Le premier retournement ne doit être réalisé que 2 à 4 semaines après la mise en place des andains. Pour éviter ainsi de faire redescendre la température et sauvegardez l'activité des bactéries.

Pour garantir une bonne aération du compost ainsi qu'une meilleure dissipation de la chaleur produite, qui ne doit pas dépasser les 60°C, un retournement du compost à l'aide des Pelles et une fourche (figure 6).



Figure 06. Retournement des andains

2. L'arrosage

L'arrosage de compost constitue l'un des facteurs les plus importants qui augmente la teneur en eau pour l'activité des micro-organismes et accélère la fermentation.

Un arrosage est effectué par ajout d'eau et de la margine avec un arrosoir dans les deux andains (figure 7 et 8) afin d'éviter un assèchement préjudiciable au bon déroulement des biodégradations lors du compostage.

Le compost est couvert avec une bâche poreuse afin de permettre à l'air de passer.



Figure 07. Arrosage avec eau



Figure 08. Arrosage avec margine

3. Tests d'humidité

Ce test consiste à presser entre les mains (figure 9) un échantillon de compost prélevé au cœur de l'andain. En effet, si l'eau coule entre les doigts, l'humidité dépasse sensiblement 50%. Elle est jugée correcte si la main est légèrement mouillée. En revanche, si elle est quasi sèche, la teneur en eau est insuffisante (Sangare, 1993).



Figure 09. Test d'humidité

II.5. Méthodes et périodes d'échantillonnage

Des échantillons de chaque andain sont prélevés avec une tarière pendant chaque phase de compostage à une profondeur (0-20 cm) et (20-40cm)

La méthode utilisée est la méthode par quartage à fin de s'assurer de l'homogénéisation de l'échantillon, d'après la norme U44-101. Nous avons effectué un nombre de prélèvements d'une façon uniforme sur l'ensemble de l'andain, à 2 niveaux de profondeurs (0-20 cm) et (20-40cm), de façon à constituer un échantillon global qu'on homogénéise parfaitement. Nous avons défini deux points cardinaux dans l'andain pour faire nos prélèvements. Un échantillon composite représentatif de 1 kg est prélevé, et mis dans des sachets en plastique numérotés.



Figure 10. Prélèvement d'échantillon avec une tarière

1. Principe de quartage

Afin d'obtenir un échantillon uniforme et homogène, nous avons procédé au quartage après l'homogénéisation des échantillons, le mélange est divisé en quatre parties équivalents, en figurant deux axes perpendiculaires pour éliminer deux parties opposés. Puis, on mélange les deux restants afin d'obtenir un échantillon homogène (figure 11).



Figure 11. Méthode de quartage

II.6. Mesure de la température

La température de chaque andain a été mesurée durant tout le processus du co-compostage par un thermomètre gradué à 100°C, qu'on introduit complètement à différents cotés de l'andain (9 fois au total) pour avoir la moyenne de la température de l'andain. Au début du processus du compostage la température a été prélevée chaque jour puis chaque 2 jour. Il est à noter qu'à chaque fois on a aussi prélevé la température ambiante journalière (figure 12).



Figure 12. Mesure de température

II.7. Mesure de pH

La détermination du potentiel hydrogène ou pH, est effectué sur des suspensions aqueuses selon la norme AFNOR NF ISO 10-390 de novembre 1994.

Des échantillons de 10 g du compost sont mis en suspension dans 50 ml d'eau distillée.

Agités pendant 10 minutes pour homogénéisation de la suspension, et laissés reposer pendant 2 heures.

Les mesures de pH ont été effectuées par un pH-mètre à électrode combinée sous une température ambiante de 17°C.

1. Matériel utilisé

- 12 béchers de 50 ml (ti
- pH-mètre
- Balance analytique
- Agitateur magnétique

2. Traitements statistiques

- Analyse statistique : ANOVA à deux facteurs avec le logiciel stat-box.

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1. Evolution de la température au niveau des deux andains

Le compost des deux andains ont subi des mesures de température dès le premier jour de leur mise en place jusqu'à la fin de la phase thermophile.

Nous avons retenu les températures prises quotidiennement, les résultats sont représentés dans la figure 13.

Les courbes d'évolution de la température quotidiennement enregistrée au cours du processus du co-compostage (figure 11) montre qu'au début, la température est faible pour les deux andains et variait entre 21° et 26°C ; ces résultats sont conformes à ceux des auteurs Misra et *al.* (2005) qui ont montré que la température idéale pour la phase initiale (mésophile) de compostage est de 20 à 45°C.

Une élévation de la T° à la 7ème journée de co-compostage d'ordre de 42°C. Cette élévation est due à l'activité microbienne. Par la suite, on a constaté que la vitesse d'augmentation de la température est moins élevée par rapport à celles d'autres auteurs ayant travaillé sur les mêmes substrats avec une différence du volume de liquide margine qui était plus important (Azzi et Tebani, 2016 ; Issaoun et Yahiaoui, 2016). Malgré les retournements et les arrosages, les températures fluctuent entre 42 et 45°C durant une période de 4 mois. Ce ralentissement de température avec le temps peut être causé par le ralentissement de l'activité microbienne due au manque d'azote. En effet, l'apport d'azote sous forme minérale (ammoniacale) a fait augmenter la température, la phase thermophile débute et la température a atteint un pic de 57°C. La durée de la phase thermophile est courte (12 jours), ce qui indiquerait une bonne hygiénisation des composts. Donc la fraction organique cellulaire est dégradée en substances humiques ou pré-humiques plus stables et une part importante de l'eau est évaporée, ainsi (Ndegwa & Thompson, 2001), montrent qu'un substrat ayant atteint des températures supérieures ou égales à 55°C est hygiénisé et ne présente plus aucune toxicité ou éléments indésirables.

Les travaux de (Stentiford, 1996) ont montré aussi que l'évolution de la température au cours de co-compostage traduit l'activité microbienne relative à la décomposition de la MO et a montré que les températures opérationnelles pour maximiser l'hygiénisation (où les hautes températures sont efficaces) et la stabilisation (où les hautes températures inhibent le processus), et suggère que des températures supérieures à 55°C maximisent l'hygiénisation, de 45 à 55°C maximisent le taux de dégradation, et de 35° à 40°C maximisent la diversité microbologique.

Les andains présentent une même durée pour les deux phases mésophile et thermophile vu leur composition identique.

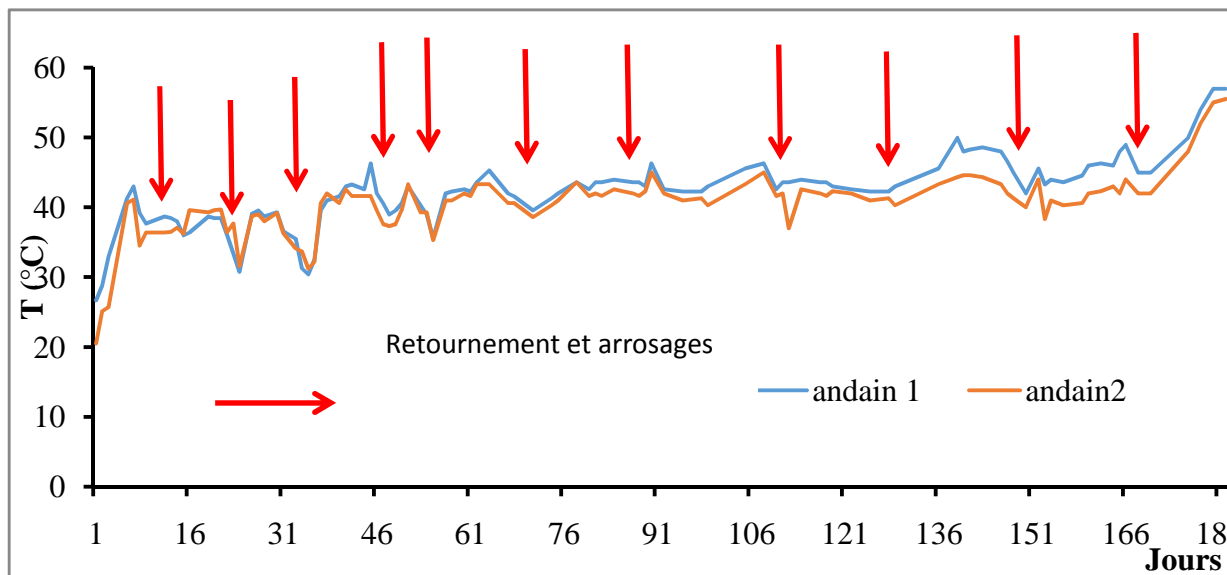


Figure 13. Evolution de la température des andains 1 et 2 au cours de la phase mésophile et thermophile.

Il est aussi à noter que théoriquement les températures sont plus élevées à l'intérieur de l'andain qu'en surface avec des différences de 10 à 15°C (Albrecht, 2007).

III. 2. Evolution du pH

Selon les normes d'interprétation, l'étude de l'évolution du pH au cours de la phase mésophile et thermophile montre que les pH sont légèrement acide ou proche de la neutralité variant de 6.6 à 6.8 (figure 14). Ces faibles valeurs de pH est probablement due à la production d'acides organiques et les pertes en azote. Nos résultats sont conformes aux résultats de plusieurs auteurs (Denesh, 2014) ; (Francou, 2003); (Nobili & Petrussi, 1988), qui expliquent qu'au début de processus de compostage, il apparaît que les composts sont légèrement acides. Ces faibles valeurs de pH pourraient être dues à la libération des acides organique ou à l'anaérobiose, Cette constatation est intéressante, car ce phénomène est assimilé à une production d'acide due à une oxydation incomplète, signe d'une mauvaise oxygénation comme le soulignent (Francou, 2003).

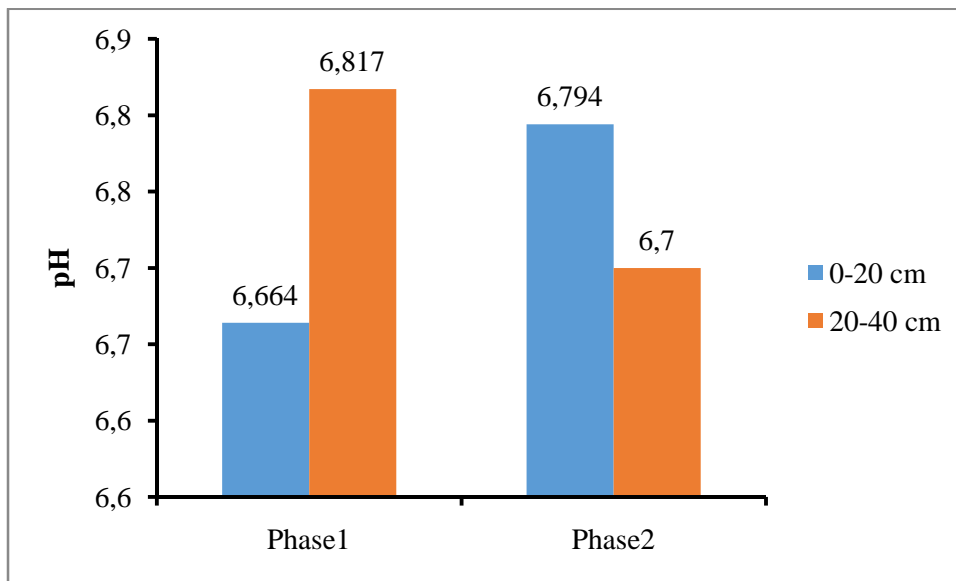


Figure 14. Evolution de pH dans le compost au cours de phase mésophile et thermophile.

Le pH diminue légèrement au début du processus de compostage en raison de la production d'acides organiques.

Tableau 2. Analyse de la variance

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,072	11	0,007				
VAR.FACTEUR 1	0	1	0	0,042	0,83663		
VAR.FACTEUR 2	0,003	1	0,003	0,872	0,3807		
VAR.INTER F1*2	0,045	1	0,045	15,519	0,00439		
VAR.RESIDUELLE 1	0,023	8	0,003			0,054	0,80%

Les facteurs profondeur et stade de compostage n'ont aucune influence sur le pH, par contre leurs effets de combinaison significative avec $p=0,004$ (tableau 2).

Cette variation du pH peut être expliquée par les réactions biologiques (décomposition des déchets ménagers) dues à la présence de micro-organismes responsables de la dégradation de la matière organique.

Tableau 3. Test de NEWMAN-KEULS

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0 2.0	s1 p2	6,817	A	
2.0 1.0	s2 p1	6,794	A	
2.0 2.0	s2 p2	6,7	A	B
1.0 1.0	s1 p1	6,664		B

Le Test de NEWMAN-KEULS a révélé deux groupes homogènes A et B et un groupe intermédiaire AB (Tableau 3)

Conclusion

Conclusion

L'étude bibliographique nous a montré la nécessité et l'intérêt du compostage des boues résiduaire urbaines ,également l'importance donné à ce secteur vue le nombre d'études et essais réalisés par plusieurs scientifique à travers le monde, afin de trouver le meilleur mélange, et de mettre en évidence les technique de compostage les plus appropriées pourl'obtention d'un produit fini de meilleure qualité.

L'objectif de ce travail consiste de suivre le processus de co-compostage des boues destation d'épuration mélangées avec les grignons d'olives, et le fumier de bovin et arrosé avec l'eau et la margine. Le dispositif choisi est le compostage en andain.

- Les résultats de température au cours de 182 jours a montré que les deux andains ont atteint un pic de température autour de 57°C, ce qui indiquerait une bonne hygiénisation des composts.
- le suivi du paramètre de température nous a délimité les deux phases mésophile et thermophile.
- Les deux andains présentent une même durée de phase (mésophile et thermophile).
- Les résultats de notre expérience montre que le pH au bout de 182 jours de compostage et le suivi de deux phases (mésophile et thermophile).
- Les valeurs de pH dans la phase mésophile sont légèrement inférieures à celles de la phase thermophile.

Recommandation

- Accélération des retournements et arrosages.
- Augmentation de la quantité de margine (source azotée)

Références bibliographiques

Référence bibliographique

- **ABOULAM, S.**, 2005. *Recherche d'une méthode d'analyse du fonctionnement des usines de tri compostage des déchets ménagers. Fiabilité des bilans de matière*. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, p 96.
- **ADEME, 1999** : - Situation du recyclage agricole des boues d'épuration urbaines en Europe et dans divers autres pays du monde, Ademe édition, Paris, pp. 159.
- **ADEME, 2001 a** : - Les boues chaulées des stations d'épuration municipales: production, qualité et valeur agronomique, Ademe édition, Paris, pp. 224.
- **ADEME, 2001 b** ; Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture, Ademe édition, Paris, pp. 59.
- **ALBRECHT, R**, 2007 ; Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique. thèse de doctorat ,p 91.
- **AMIR S.**, 2005. Contribution à la valorisation de boues, p 67.
- **AMORCE**, Valorisation du Biogaz, juillet 1998, p 38.
- **BECK-FRIIS, B., SMARS, S., JONSSON, H. & KIRCHMANN, H.** 2001. SE-- Structures and Environment: Gaseous Emissions of Carbon Dioxide, Ammonia and Nitrous Oxide from Organic Household Waste in a Compost Reactor under Different Temperature Regimes. *Journal of Agricultural Engineering Research* 78, 423-430.
- **DINESH K. MAHESHWARI.** 2014. *Composting for Sustainable Agriculture*, India, ed. SPRINGER, 295p.
- **DIX, N. J. & WEBSTER, J.** 1995. *Fungal Ecology*, Chapman & Hall eds, pp. 549, Cambridge.
- **FABIENNE MULLER**– Service Mobilisation et Valorisation des Déchets Direction Economie Circulaire et Déchets ADEME Angers.2013mars ,45p.
- **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 de l'institut national agronomique paris-grignon, décembre 2003) , p 55.

- **HARUTA, S., NAKAYAMA, T., NAKAMURA, K., HEMMI, H., ISHII, M., IGARASHI, Y. & NISHINO, T.**2005. Microbial diversity in biodegradation and reutilization processes of garbage. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 99, 1-11.
- **HE, Y., INAMORI, Y., MIZUOCHI, M., KONG, H., IWAMI, N. & SUN, T.**2000. Measurements of N₂O and CH₄ from the aerated composting of food waste. *The Science of The Total Environment* 254, 65-74.
- **INKEL M., DE SMET P., TERSMETTE T. ET VELDKAMP T.** 2005. La fabrication et l'utilisation de composte. Ed. Agronomisa. 73p
- **LIENARD A.**,«*Déshydratation des boues par lits de séchage plantés de roseaux** », *Ingénierie EAT*, 1999, p. 33-45
- **MICHAUD L.** 2007. Tout sur le compost : le connaître, le faire, l'acheter et l'utiliser Éd Multi Mondes, p 89.
- **MISRA R.V.,ROY R.N. ET HIRAOKA H.** 2005. méthodes de compostage au niveau del'exploitation agricole, Rome, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. 51p
- **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
- **MURILLO, M,** 2004 ; Caractérisation de l'Effet d'un Traitement au Peroxyde d'Hydrogène sur une Boue - Application la Réduction de la Production de Boue', Thèse de doctorat, INSA Toulouse.
- **MUSTIN M.,** 1987 : Le compost, gestion de la matière organique, Ed.François Dubusc, Paris, 954p.
- **MUSTIN, M.** 1987. *Le Compost, Gestion de la Matière Organique*, F. Dubusc eds, pp. 957,Paris.

- **NDEGWA, P.M., THOMPSON, S.A.**, 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource Technology*. 76 (2), 107-112.
- **OUAZANI R.**,(2009) – Les boues des stations d'épuration. Cours Master I, Inge. DeManage. et Assaini., Université Cadi Ayad, FSSM, 26 p..
- **RICHARD T.L., HAMELERS H. V. M., VEEKEN A., AND SILVA T.**, 2002: Moisture relationships in composting processes. *Compost Science and Utilization*, 10, 4, 286-302
- **SALH, M**, 2003 : - Procèdes Couplés aux Boues Activées-Ozonisation pour la Réduction dans la Production de Boues: Etude Modélisation et Intégration dans la Filière de Traitement des Eaux'. Thèse de Doctorat, INSA Toulouse.
- **STENTIFORD, E.I.**, 1996. Composting control: principles and practice, in: **M. DE BERTOLDI, P. SEQUI, B. LEMMEST. PAPI (EDS.)**, in *The science of composting*. Chapman and Hall, London, pp. 49-59.
- **STOFFELLA P. J. ET KAHN B. A.** 2001. *Compost Utilization In Horticultural Cropping Systems*. Ed. CRC Press; 1 edition. 431p
- **STOFFELLA P. J. ET KAHN B. A.** 2001. *Compost Utilization In Horticultural Cropping Systems*. Ed. CRC Press; 1 edition. 431p.
- **TOMATI U., GALLI E., PASETTI L., VOLTERRA E.**, 1995: Bioremediation of olive-mill wastewaters by composting. *Waste Management and Research*, 13, 509-518)
- **TUOMELA, M., VIKMAN, M., HATAKKA, A. & ITAVAARA, M.** 2000. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresource Technology* 72, 169-183.

Résumé

L'objectif de notre travail consiste à suivre le processus de co-compostage des boues de station d'épuration mélangés avec les grignon d'olives, et le fumier de bovin et arrosé avec l'eau et la margine. Le dispositif choisi est le compostage en andain.

Au bout de 182 jours ,les deux andains ont atteint un pic de température de 57°C. Les températures dans les deux andains, aux phases mésophile et thermophile, évoluent dans le même ordre croissant, ce qui indiquerait une bonne hygiénisation des composts. Le suivi de la solution du sol en cours des deux phases mésophile et thermophile est marqué par une légère évolution d'ordre de 6,6 et 6,8.

Mots clés : Boues urbaines, compostage des boues, pH, Température

Summary

The objective of this work is to follow the co-composting process of sewage sludge mixed with olive pomace, bovine manure and watered with water and margine. The chosen device is windrow composting.

After 182 days the two swaths reached a temperature peak of 57°C. Temperatures in the two windrows in the mesophilic and thermophilic phases evolve in the same increasing order, which would indicate a good hygienization of the composts. The monitoring of the soil solution in progress of the two mesophilic and thermophilic phases is marked by a slight evolution of about 6,6 and 6,8.

Keywords: Urban sludge, sludge composting, pH, Temperature