



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

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Microbiologie appliquée

Réf. :

Présenté et soutenu par :
Ikhlass BOUAISS / EL-kahina GAMA

Le : mardi 9 juillet 2019

Thème

Essai de compostage en batch d'un mélange fientes de pigeons, déchets de papier et plastique

Jury :

M.	Toufik AMAIRI	MAA	Université de Biskra	Président
Mme.	Hassina GHITI	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Mme.	Selma BENCHARIF	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2018 - 2019

Remerciements

D'abord, nous remercions *ALLAH* le tout puissant de nous avoir aidé et donné la volonté, la santé la patience et le courage pour la réalisation de ce travail.

Nous voulons exprimer nos plus sincères remerciements à notre encadreur Mme Ghiti Hassina pour ses efforts, ses conseils et ses commentaires aidants, nos discussions avec elle ont été d'un grand réconfort et nous ont permis de grandir.

Nos remerciements vont aussi aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce mémoire.

Nous profitons de l'occasion pour remercier les ingénieurs de laboratoire de département de sciences de la nature et de la vie, pour leurs accueils et aides tout le temps.

Sans oublier les responsables de la bibliothèque de département de biologie.

Aussi, nous remercions l'Institut Technique de Développement de l'Agronomie saharienne (ITDAS), ils nous ont ouvert la porte de l'institut pour travailler dans leur laboratoire et terrain.

Nous tenons a remercier la faculté de l'agronomie de nous avoir laissé travailler dans leur laboratoire.

Nous remercions les collègues et les amis qui nous ont soutenues et avec qui nous avons passé les bons et les mauvais moments durant ces cinq ans, particulièrement : Nihed Guessmia, Aicha Adouane, Mehamdi Nour El houa...

Nous ne pourrions terminer ces remerciements sans y associer nos familles qui nous sont toujours apporté tout leur soutien et leur appui afin d'arriver au terme de cette aventure, et à la fin nous avons découvert le symbole de leur grand amour à tous nous disons un grand merci.

Dédicaces

« À l'homme de ma vie, mon exemple éternel mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir à toi 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 mon encadreur Mme Ghiti Hassina pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa disponibilité durant notre préparation de ce travail.

À mon frère Akram, mes sœurs et mes tantes pour leurs encouragements, aides et conseils

À Yemma qui m'a accompagné toujours par ses prières. A Iyad Jad Allah .

À mes aimables amies: Iman, Nihed, Sara, Loubna, Aicha, Linda, Houda et Manar...

À mon cher binôme El kahina pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce travail et à tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment».

Ikhlass.

« À mon père, À ma mère...

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour le soutien et l'amour que vous me portez et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

À mes frères et mes sœurs, pour leurs soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long de mon étude, je ne peux trouver les mots justes et sincères, pour vous exprimer mon grand remerciement.

À mes chères amies Ikhlass, Nihed, Houda, Manel, Aicha, Iman, Sara, Loubna, Linda ... Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles et aussi la joie dans les bons moments, à qui je souhaite plus de succès.

À mon encadreur Mme Ghiti Hassina pour sa générosité et sa patience malgré sa charge professionnelles et à tous ceux que j'aime.....Merci».

El-kahina.

Sommaire

Page de garde	
Remerciements	
Dédicaces	
Sommaire	
Liste des tableaux	I
Liste des figures	III
Liste des abréviations	V
Introduction.....	1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : Généralité sur les déchets

1. Définition de déchet	3
2. Typologie des déchets.....	3
3. Déchets ménagers et assimilés	3
3.1. Définition de (DMA)	3
4. Traitement et valorisation	3
4.1. Compostage.....	3
4.2. Déchets compostables.....	4
5. Classification des technologies de compostage.....	5
5.1. Système ouverte (ou cellule ouverte)	5
5.2. Système fermé (ou cellule fermée).....	5

chapitre 2 : le compostage

6. Les conditions de compostage.....	6
6.1. Rapport C/N	6
6.2. L'humidité.....	6
6.3. L'oxygène	6
6.4. Le pH	6
6.5. La dimension des particules	6
6.6. La température.....	7
7. Mécanismes biologiques et chimique impliqués.....	8
8. Les micro-organismes pathogènes.....	10
9. Maturation et stabilisation du compost.....	10

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 3 : Matériels et Méthodes

10. Présentation du site d'étude.....	11
10.1. La quantité de déchet introduit	11
10.2. Préparation des compostières	11
11. Les paramètres mesurés.....	13
11.1. Les paramètres physico-chimiques.....	13
11.2. Les paramètres biologiques analysés.....	19
12. Test de phytotoxicité	23
13. Test de toxicité sur les vers de terre	25

Chapitre 4 : Résultats et discussion

14. Analyses physico-chimiques.....	26
14.1. La réduction de la masse.....	26
14.2. La température.....	27
14.3. pH	29
14.4. La Conductivité électrique	30
14.5. Humidité relative%.....	31
14.6. Matière organique %.....	33
14.7. Carbone organique totale%.....	34
14.8. Carbone organique dissous	35
14.9. L'Ammoniac N-NH ₃	36
14.11. Eléments d'intérêt agronomique.....	40
15.1. Résultat du dénombrement des bactéries et des champignons.....	43
15.2. Evolution des microorganismes pathogènes	50
15.3. L'identification de la mycoflore du compost.....	54
15.4. Respiration basale.....	57
15.5. Respirations induites par le substrat	58
16. Résultats du test de compost sur les vers de terre.....	60
17. Résultats et discussion du test de germination.....	60
Conclusion	63
Bibliographie	64
Annexes.....	Erreur ! Signet non défini.

Liste des tableaux

Tableau 1. Les micro-organismes du compost	9
Tableau 2. Micro-organismes pathogènes isolés de déchets	10
Tableau 3. Température et durée d'exposition nécessaire à la destruction de pathogènes	10
Tableau 4. Les constituants des quatre réacteurs.	11
Tableau 5. Les appareille, les matériels et les réactifs utilisés.....	13
Tableau 6. Analyse microbiologique du compost.....	19
Tableau 7. Les moyennes et SD± des paramètres physico-chimiques de PAP et PL.	26
Tableau 8. L'observation visuelle, couleur et odeur de compost.....	27
Tableau 9. Résultats de test MANOVA pour le variable température.	28
Tableau 10. Résultats de test MANOVA pour le variable pH.....	29
Tableau 11. Résultats de test MANOVA pour le variable CE.	31
Tableau 12. Résultats de test MANOVA pour le variable Humidité relative	32
Tableau 13. Résultats de test MANOVA pour le variable MO %.	33
Tableau 14. Résultats de test MANOVA pour le variable COT %.....	35
Tableau 15. Les moyennes±SD du variable COD µg/g. pf.	35
Tableau 16. Résultats de test MANOVA pour le variable COD.	36
Tableau 17. Les moyennes±SD du variable Ammoniac	37
Tableau 18. Résultats de test MANOVA pour le variable Ammoniac.	38
Tableau 19. Les moyennes ± SD de l'azote.....	38
Tableau 20. Résultats de test MANOVA pour le variable l'azote %.....	39
Tableau 21. Les moyennes ± SD de Ca ⁺⁺	41
Tableau 22. Résultats de test MANOVA pour le variable Ca ⁺⁺	41

Tableau 23. Les moyennes±SD de Mg ⁺⁺	41
Tableau 24. Résultats de test MANOVA pour le variable Mg ⁺⁺	42
Tableau 25. Les moyennes±SD de P ₂ O ₅	42
Tableau 26. Résultats de test MANOVA pour le variable P ₂ O ₅	43
Tableau 27. Les moyennes± SD de dénombrement de flore totale mésophiles	43
Tableau 28. Résultats de test MANOVA pour le variable flore totale mésophiles	44
Tableau 29. Les moyennes± SD de dénombrement des cocci gram + UFC/g.	44
Tableau 30. Résultats de test MANOVA pour <i>Cocci gram</i> +.....	45
Tableau 31. Les moyennes± SD de dénombrement des <i>Shigelles / salmonelle</i> UFC /g.....	45
Tableau 32. Résultats de test MANOVA pour le variable <i>Shigelles et salmonelle</i>	46
Tableau 33. Les moyennes±SD de dénombrement d'entérobactéries UFC/g.	46
Tableau 34. Résultats de test MANOVA pour le variable d'entérobactéries.....	47
Tableau 35. Les moyennes± SD de dénombrement de champignons.....	48
Tableau 36. Les boites après incubation 7j.....	54
Tableau 37. Etude Macroscopique des souches fongiques isolées à partir du la phase initiale de compostage.....	55
Tableau 38. Etude Macroscopique des souches fongiques isolées à partir du la phase initiale de compostage.....	56
Tableau 39. Résultats de test MANOVA pour le variable Respiration basale.	58
Tableau 40. Résultats de test MANOVA pour le variable respiration induite par le substrat.....	59
Tableau 41. les moyennes ±SD de les variables : RRG, RSG, IG, AF(%)	60
Tableau 42. Résultats de test MANOVA pour les variables RRG, RSG, IG, AF %.....	61

Liste des figures

Figure 1. Courbe théorique d'évolution de la température et du pH au cours du compostage.	7
Figure 2. Schéma présenté les composteurs.....	11
Figure 3. Un Schéma présenté la préparation de la suspension et les dilutions pour le mesure de paramètres microbiologiques.....	19
Figure 4. Préparation des vers de terre pour le test de toxicité	25
Figure 5. Le produits final « compost PAP et PL ».....	27
Figure 6. Courbe présenté l'évolution des moyennes de la température au cours de compostage.	28
Figure 7. Courbe présenté l'évolution des moyennes des pH au cours de compostage.....	29
Figure 8. Courbe présenté l'évolution des moyennes des CE au cours de compostage.	30
Figure 9. Courbe présenté l'évolution des moyennes d'H % au cours de compostage	32
Figure 10. Courbe présenté l'évolution des moyennes des MO % au cours de compostage.	33
Figure 11. Courbe présenté l'évolution des moyennes COT % au cours de compostage.....	34
Figure 12. Histogramme présenté l'évolution de carbone organique dissous au début et à la fin de compostage.....	36
Figure 13. Histogramme présenté l'évolution des moyennes ammoniac au début et à la fin de compostage.	37
Figure 14. Courbe présenté l'évolution des moyennes d'azote au début et à la fin de compostage.	39
Figure 15. Histogramme présenté l'évolution des moyennes Ca^{++} , Mg^{++} P_2O_5 au début et à la fin de compostage.....	40

Figure 16. Histogramme montre l'évolution des moyennes de nombre des bactéries au cours du compostage, Shigeles / Salmonelles, Coccis gram +, Flore totale mésophile et Entérobactéries.....	47
Figure 17. Évolution des moyennes du nombre des champignons au cours du compostage.	49
Figure 18. Aspect des colonies d'entérobactéries sur milieu Mac ConKey (Dilution 10^{-1})...	50
Figure 19. Aspect des colonies de <i>Shigelles et salmonelle</i> sur milieu SS (Dilution 10^{-2}).....	51
Figure 20. Bacille à Gram négatif sous microscope (GR×1000).....	51
Figure 21. Aspect des colonies des coccis Gram positif sur milieu Chapman	52
Figure 22. Coccis Gram positif en amas (GR×1000).....	52
Figure 23. Photo de la production de catalase par les cocci à Gram positif.	53
Figure 24. Courbe présenté l'évolution des moyennes RB au cours de compostage.	57
Figure 25. Courbe présenté l'évolution des moyennes respirations induites par le substrat au cours de compostage.....	59
Figure 26. Résultat de test de toxicité sur les vers de terre.....	60
Figure 27. Histogramme montre l'évolution de croissance racinaire relative (%), l'index de germination (%) et la croissance relative des racines (%).	61

Liste des abréviations

CET : Centres d'Enfouissement Technique.

DMA : Déchets ménagers et assimilés.

PAP : Réacteur de papier.

PL : Réacteur de plastique.

N : Normalité.

pH : Potentiel hydrique.

CE : Conductivité électrique.

MO% : Matière organique

CO% : Carbone organique.

H % : Humidité relative.

COD% : Carbone organique dissous.

N tot : Azote total.

SIR : Respiration induite par le substrat.

RB : Respiration basale.

IG : Indice de germination.

RRG : Croissance relative des racines.

RSG : Germination relative des graines.

AF : Action phytotoxique.

Ca⁺⁺ : Calcium.

Mg⁺⁺ : Magnésium.

P₂O₅ : Phosphore assimilable

SD : Déviation standard.

MANOVA : Analyse de variance multi variée.

Introduction Générale

Introduction

Le traitement des déchets est l'un des problèmes d'environnement les plus importants de le début de ce siècle. L'augmentation du volume de déchets produits, nécessite des moyens de traitement rapides, efficaces, et générant peu ou pas de nuisances. De cela la législation tend à favoriser les voies de traitements biologiques.

D'autre part, les sols sont de plus en plus appauvris en matières organiques. Le compostage se trouve alors être une solution alternative pour diminuer les quantités d'ordures ménagères et autre type de déchets et pour pallier les déficiences en matières organiques (Bayard *et al.*, 2001).

Le principe du compostage est très ancien mais le terme n'apparaît dans un texte réglementaire qu'au début du XXème siècle (1905) c'est un processus biologique dans lequel les déchets organiques sont transformés par les micro-organismes du sol en une terre noire riche en matières nutritives produits stables qui peuvent être conservés sans traitement supplémentaires "le compost" qui a des avantages agronomiques dont, l'augmentation de la fertilité du sol, une quasi-absence de pollution sur l'environnement, et la lutte biologique à certaines maladies des plantes (Azim *et al.*, 2018).

L'utilisation des déchets ménagers augmente plus en plus ce qui là nécessite une solution efficace, d'abord il faut mentionnée que la loi Algérienne n°01-19 définit la gestion des déchets ménagers comme toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations. Rappelons qu'en Algérie, à l'état actuel cette gestion est limitée à la collecte et transport vers les CET (Asnoun, 2017) donc le compostage est la meilleure méthode pour valoriser ce type de déchets.

Les fientes des pigeons présente un problème écologique, elles ne peuvent être incorporées au sol à l'état frais à cause des pathogènes qu'elles contiennent et de leur richesse en azote et l'industrie de plastique est pratiquée dans plusieurs domaines ménagers malgré son danger sur l'environnement à cause de son persistance.

L'objectif de notre étude est de valoriser les déchets de fientes des pigeons et le papier et le plastique par le compostage ce qui serait très intéressant du point de vue environnemental surtout énergétique.

Le but de notre travail c'est de suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques et tester la biodégradabilité au cours d'un compostage mélange papiers/fiente et plastique/fiente + Nous avons mené aussi un test de germination et test sur les vers de terre, afin de tester la qualité du compost obtenu.

Partie

Bibliographique

Chapitre 1

Généralités sur les déchets

1. Définition de déchet

La loi N° 01-19 du 12/12/ 2001 article 3 du journal officiel de la république algérienne N° 77en 2001, définit le déchet comme : Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a obligation de se défaire ou de l'éliminer.

2. Typologie des déchets

La classification la plus répandue à ce jour, c'est celle qui propose de séparer les constituants du déchet suivant les deux grandes catégories suivantes :

- **Par leur origine** : Déchets ménagers et assimilés, déchets industriels, déchets agricoles, déchets d'activités de soins et déchets radioactifs.
- **Par leur nature** : Déchets inertes, déchets organiques, déchets banals, déchets toxiques ou dangereux et déchets ultimes (Asnoune, 2017).

3. Déchets ménagers et assimilés

Les déchets ménagers et assimilés parmi les types de déchets, nous sommes intéressés à l'étude pour les raisons évoquées précédemment.

3.1. Définition de (DMA)

Tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales, et autres qui, par leur nature et leur composition sont assimilables aux déchets ménagers (Loi n°01-19).

4. Traitement et valorisation

Le compostage apparaît comme la solution la mieux adaptée en raison de son faible coût, ainsi que la proportion importante de matières fermentescibles contenues dans les déchets (Francou, 2003).

4.1. Compostage

Le compostage est un processus biologique de dégradation et de transformation de la matière organique, en conditions aérobies. Il aboutit à l'élaboration d'une matière humifiée et stabilisée « le compost » (Kalamdhad *et al.*, 2009).

Il fait intervenir successivement des populations microbiennes (bactéries, champignons et actinomycètes) qui, en présence d'oxygène, produisent une montée en température, une minéralisation en CO₂ et une production de substances humiques (Francou, 2003).

4.1.1. Le Compost

Est de la matière humique stable, assainie, riche en matière organique et non nauséabonde, qui résulte du compostage du bio déchet (Bayard *et al*, 2001).

4.2. Déchets compostables

Seules les matières organiques provenant des végétaux ou des animaux peuvent produire de l'humus lors du compostage, les matières organiques d'origine chimiques comme les matières plastiques ne se compostent pas ou mal, à l'exception des substances organiques dont la structure est voisine décomposés naturels biodégradables (Damien, 2004).

On qualifie de biodégradable les matériaux plastiques décomposés à 60 % en 6 mois pour les polymères simples et à 90 % pour les polymères plus complexes (Damien, 2004).

4.2.1. La classification suivant la nature chimique est donc :

- Matière organique (contenu en carbone et azote).
- Matière minérale (carbonates, sulfates, phosphates...).

4.2.2. En fonction de l'état physique, on distingue :

- Solides (pailles, bois, boues, déshydratées, déchets ménagère...).
- Liquides (lisières de porcs, effluents d'industries agroalimentaires, boues fraîches...).

4.2.3. La classification en fonction de la provenance

4.2.3.1. Déchets verts

Ensemble de déchets végétaux issus des jardins publics ou privés : tontes d'herbe, élagage, feuilles... (Albrecht, 2007).

Leurs caractéristiques (rapport C/N, structure, humidité) sont parfaitement adaptés au compostage (Peres, 2009).

4.2.3.2. Ordures ménagères

Ensemble des déchets ménagers produits par les collectivités ne pratiquant pas la collecte sélective (Francou, 2003).

Elles présentent une fraction fermentescible apte à subir un traitement biologique (Peres, 2009).

4.2.3.3. Boues de stations d'épuration urbaines

Les boues de station d'épuration sont issues du traitement des eaux usées domestiques ou industrielles. (Albrecht, 2007).

En raison de leur très forte humidité, les boues doivent être mélangées à un structurant pour être compostées. Ce structurant est constitué de déchets verts, ou de palettes de bois. (Francou, 2003).

5. Classification des technologies de compostage

Les technologies de compostage diffèrent actuellement par les types de dégradation (fermentation) qui peuvent reposer a priori sur les aspects visuels pour une éventuelle classification :

5.1. Système ouverte (ou cellule ouverte)

Le compost est visible, les déchets sont en contact avec l'air ambiant, C'est le cas de compostage en tas, andains (appelé aussi piles statiques), silos couloirs fosses (Addou, 2009).

5.2. Système fermé (ou cellule fermée)

Le compost n'est pas visible : tunnels canaux réacteur fermé (Addou, 2009).

Chapitre 2

Le compostage

6. Les conditions de compostage

Afin de garantir une qualité de composte suffisante, il importe de s'efforcer de contrôler les principaux paramètres d'exploitation.

6.1. Rapport C/N

Les proportions de carbone et d'azote dans les matières mis à composter ont une importance particulière, le carbone servant à la fois de source d'énergie et de constituant élémentaire pour les microorganismes et l'azote étant essentiel à la synthèse des acides aminés, des protéines et des acides nucléiques (Elherradi, 2005).

6.2. L'humidité

L'humidité du substrat mis en compostage est nécessaire à la vie des êtres vivants qui interviennent dans le compostage (Yulipriyanto, 2001).

La décomposition de la matière organique est inhibée si la teneur en eau baisse en dessous de 20% au contraire, si elle dépasse 70% ; l'eau commence à remplir les espaces lacunaires des déchets et empêche les échanges d'O₂ provoquant des conditions favorables à l'anaérobiose (Ramdani, 2015).

6.3. L'oxygène

L'aération du déchet est le paramètre fondamental pour réussir le compostage. Elle est caractérisée par le taux d'oxygène (O₂) lacunaire (Bayard *et al.*, 2001).

6.4. Le pH

Le pH est un facteur important qui influence la plupart des réactions biochimiques catalysées par des enzymes, ce qui permet la biodisponibilité des nutriments et la solubilité des éléments minéraux pour les micro-organismes (Chennaoui *et al.*, 2016).

6.5. La dimension des particules

Plus les particules sont fines et plus elles présentent de surface disponible à l'action de micro-organismes, ce qui a pour effet d'accélérer la décomposition de substrat (Damien, 2004).

6.6. La température

L'évolution de la température du compost résulte de la production de chaleur par l'activité des microorganismes qui dépend de la biodégradabilité du substrat et de sa composition en nutriments (Lashermes, 2010).

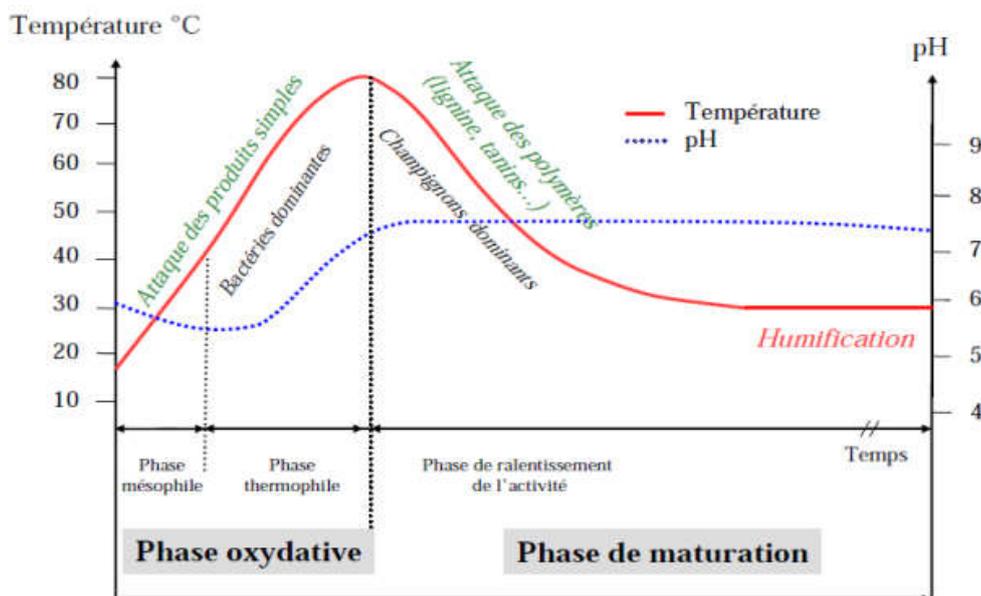


Figure 1. Courbe théorique d'évolution de la température et du pH au cours du compostage (Mustin, 1987).

L'évolution de la température au cours du compostage permet de distinguer 4 phases liées à l'activité des différentes populations microbiennes :

6.6.1. La phase mésophile

Pendant laquelle les composés simples (sucres, protéines, hémicellulose) sont dégradés en gaz et produits minéraux (CO_2 , H_2O , NO_3). Un amendement frais est alors obtenu, la température s'élève progressivement à cause de l'activité et de la croissance des microorganismes mésophiles aérobies (Aboulam, 2005).

6.6.2. La phase thermophile

Qui peut durer plusieurs mois, voit le compost atteindre de hautes températures, la fraction organique cellulaire est dégradée en substances humiques ou pré humiques plus stables (Fels, 2014).

6.6.3. La phase de refroidissement

Se produit lorsque la diminution de la matière organique facilement biodégradable entraîne un ralentissement de l'activité microbienne, elle prend fin au retour à la température ambiante. Les micro-organismes dégradent les constituants non dégradés en phase thermophile (Lashermes, 2010).

6.6.4. La phase de maturation

Les processus d'humification prédominent ainsi que la dégradation lente des composés résistants, cette phase de maturation dure jusqu'à l'utilisation du compost (Koledzi, 2011).

7. Mécanismes biologiques et chimique impliqués

Le compostage est la bio oxydation de la matière organique, c'est à dire une dégradation de la matière organique sous l'action d'une population microbienne aérobie complexe (steger et al., 2003).

On distingue trois catégories principales de microorganismes:

- Bactéries, Actinomycètes, Moisissures.

Ils représentent 95% de l'activité de compostage (Bayard *et al.*, 2001).

Tableau 1. Les micro-organismes du compost (Bayard *et al.*, 2001).

Groupes	Caractéristiques et commentaires
Bactéries	<ul style="list-style-type: none"> • Forte croissance si C/N bas et humidité élevée. • Large spectre d'activité sur une large gamme de pH. • Responsables du démarrage de la dégradation de la matière organique et de la rapide montée en température. • Elles dégradent les produits facilement oxydables. <p>Gram - (genres <i>Pseudomonas</i>, <i>Escherichia</i>, <i>Proteus</i>, <i>Erwinia</i>...).</p> <p>Gram + (genres <i>Bacillus</i>, <i>Lactobacillus</i>, <i>Streptococcus</i> ...).</p>
Champignons	<ul style="list-style-type: none"> • Ils sont dominants si C/N élevé. • Biomasse supérieure aux bactéries dans ces milieux. • Ils sont capables de croître pour des taux d'humidité plus bas et tolèrent une large gamme de pH (de 2 à 9). • Les champignons se développent principalement à la superficie (dans les 10 à 15 cm externes) à cause de la plus faible aération et de la température élevée au centre des tas au cours de la phase thermophile. • Les genres les plus fréquents : genres <i>Mucor</i>, <i>Aspergillus</i>, <i>Humicola</i>... <i>Chaetomium</i>.
Actinomycètes	<ul style="list-style-type: none"> • Neutrophiles, ils tolèrent les pH légèrement basiques et sont peu compétitifs vis à vis des autres groupes. • Ils se développent plutôt en conditions difficiles ou dans les phases finales de maturation du compost. • Beaucoup d'odeurs aromatiques des sols ou composts mûrs sont dues aux actinomycètes. • Genres <i>Nocardia</i>, <i>Streptomyces</i>, <i>Thermonospora</i>...

8. Les micro-organismes pathogènes

Des micro-organismes pathogènes sont présents dans les matières à composter, que ces organismes aient une action pathogène aussi bien à l'encontre de l'homme, plantes ou des animaux (Yulipriyanto, 2001).

Tableau 2. Micro-organismes pathogènes isolés de déchets (Albrecht, 2007).

Bactéries	Moisissures
<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Aspergillus fumigatus</i>
<i>Neisseriaceae</i>	<i>Geotrichum candidum</i>
<i>Staphylococcaceae</i>	<i>Trichophyton</i>

Tableau 3. Température et durée d'exposition nécessaire à la destruction de pathogènes (Aboulam, 2005).

Type de micro-organismes	Température et durée nécessaire à sa destruction
<i>Ascaris lumbricoides</i>	4h à 60°C ou 1h à 65°C
<i>Salomonella spp</i>	15-20 min à 60°C ou 1h à 55°C
<i>Escherichia coli</i>	15-20 min à 60°C ou 1h à 55°C
<i>Shigella spp</i>	1h à 55°C

9. Maturation et stabilisation du compost

Le compost peut-être considéré comme mature lorsque :

- La température est stabilisée en dessous de 30°C.
- Il ne s'échauffe plus lors du retournement.
- La matière organique se stabilise.
- Il ne se dégrade plus en anaérobie pendant le stockage.
- Il ne doit présenter pas de toxicité vis-à-vis des plantes.
- Rapport C/N. Il doit être inférieur à 19.

La mesure de la respiration, si sa respiration est inférieure à 40 mg O₂/kg.ms par heure, soit 15 à 20 fois moins qu'un produit frais (Debril *et al.*, 2005).

Partie Expérimentale

Chapitre 3

Matériels et Méthodes

10. Présentation du site d'étude

Notre étude a été réalisée au niveau du Département des Sciences de la Nature et de la Vie (El-hadjeb), et l'échantillonnage consiste à prélever les déchets compostés qui s'y trouvent dans la région à étudier (El-Hadjeb) (Annexe 2).

10.1. La quantité de déchet introduit

Tableau 4. Les constituants des quatre réacteurs.

Composteurs	Compositions			
	Sol (kg)	Fiente (kg)	Papier (g)	Plastique (g)
PAP 1	1	1	50	50
PAP 2	1	1	50	50
PL 1	1	1	50	50
PL 2	1	1	50	50

PAP= papier/ PL=plastique

10.2. Préparation des compostières

Les composts sont élaborés à l'intérieur de 4 réacteurs, cuves cylindriques de 20 litres et munis d'un couvercle amovible, trouées à la base (l'aération) (Annexe 3).

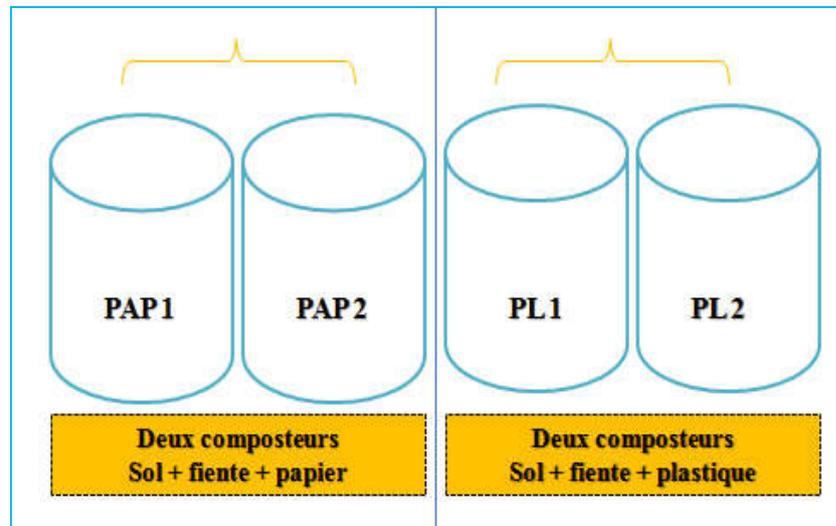


Figure 2. Schéma présente les composteurs

Deux jours avant le lancement des séries :

- **La fiente** : elle est constituée de fèces, d'urine, de plumes, de coquilles d'œuf, et litières.

On met la collection du fiente dans des poches et congeler à (20°C/48h) pour minimisée le nombre des larves.

- **Les papiers** : D'après la classification de Rynk *et al.* (1992) les papiers sont des Fibre cellulosique d'origine végétale, avec une humidité faible.

-Sont hachés manuellement (forme d'un carrée de 3 cm) et nous les avons arroses avec l'eau pour assurer l'humidification.

- **Les sachets de plastique** : À la base du plastique, on trouve un polymère, une macromolécule constituée de longues chaînes carbonées. Celle-ci est obtenue par la transformation du charbon, du pétrole ou du gaz naturel (Addou, 2009). Sont hachés manuellement en petits morceaux.

Après homogénéisation de l'échantillon (sol, fiente, papiers) et (sol, fiente, plastique) sur un bâche en plastique, la masse globale (2,05 kg) est élaborée à l'intérieur les réacteurs.

Au cours de ces essais, des brassages manuels sont effectuée chaque semaine (aération) et l'humidité a été ajustée par ajout d'eau afin d'éviter un assèchement préjudiciable au bon déroulement des biodégradations lors du compostage.

Tableau 5. Les appareille, les matériels et les réactifs utilisés.

Appareille	Matériels	Réactifs
<ul style="list-style-type: none"> • Balance • Etuve dessiccation • Four à moufle • pH mètre • conductimètre • agitateur magnétique • thermomètre • Microscope optique • Distillateur BÜCHI • Digesteur de Kjeldhal • Spectrophotomètre 	<ul style="list-style-type: none"> • Béchers • Erlenmeyer • Eprouvette • Barreau • Creuset de céramique • Micropipette • Lame et lamelle • Boite de Pétri • Burette • Papier filtre • Entonnoir • Papier aluminium • Papier film • Cuve Spectrophotomètre 	<ul style="list-style-type: none"> • eau distille • BaCl₂ • Acide sulfurique • HCl • NaOH • Kit de coloration de GRAM • K₂Cr₂O₇ • K₂SO₄ • Tashiro • Acide borique • MgO • KCl • Tablette catalytique • Glucose • Phénolphtaléine

11. Les paramètres mesurés

Les paramètres mesurés au cours des ces essais sont réalisés avant et durant le processus de compostage et à la fin.

11.1. Les paramètres physico-chimiques

Plusieurs paramètres ont été utilisés pour caractériser la qualité physique, chimique et biologique des composts.

11.1.1. La température

C'est un processus qui engendre l'hygiénisation naturelle du compost (Larbi, 2006).

La température de les quatre réacteurs à été mesurée durant tout le processus du compostage (chaque quatre jour) par un thermomètre.

Le pH, la conductivité, l'humidité, et la matière organique sont mesurés chaque 15 jour.

* Préparation de la suspension à analyser

- Dans un bécher, 10g des échantillons (sol, fiente, mélange). Ont été mélangés à 100 ml d'eau distillée.
- Après demi-heure d'agitation à l'aide d'un agitateur magnétique et 5 min de repos.
- Après la filtration l'obtention de 40 ml de filtrat.

A la fin nous avons mesuré les valeurs de chaque paramètres (pH/Ce) de chacun de réacteurs. (Annexe 4).

11.1.2. Potentiel hydrique (pH)

Au cours du compostage, les déchets organiques connaissent une variation de pH en passant par des stades d'acidification; neutralisation et alcalinisation (Bayard *et al.*, 2001).

Le pH tend à augmenter durant le compostage considèrent les composts immatures quand leur pH est acide, et définissent la gamme de composts murs entre 7 et 9 (Faverial, 2016). Il a été déterminé par le pH-mètre (HANNA) (Annexe 4).

11.1.3. La conductivité électrique (Ce)

L'évolution de la conductivité, c'est-à-dire l'évolution de la concentration en sels, est de 3 mS.cm⁻¹ dans le cas du compost bien aéré et dépasse 7 mS.cm⁻¹ dans le cas du même déchet composte avec une aération réduite (Francou, 2003).

Elle mesurée par un conductimètre exprimée en ms/cm (Annexe 4).

11.1.4. L'humidité relative (H%)

L'humidité (H%) doit être déterminé le plus rapidement possible, pour limiter les pertes par évaporation. Immédiatement après l'échantillonnage une pesée de 10 g de chaque échantillon est mise à sécher à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures (Ben Ayed *et al.*, 2005) (Annexe 6).

La teneur en matière sèche de l'échantillon se calcule selon la formule ci-dessous. Trois répétitions sont réalisées :

$$\text{Totale solide (\%)} = (\text{Ptf} - \text{P0}) / (\text{Pti} - \text{P0}) \times 100$$

P 0 = Poids de creuset.

Pt f = Poids frais de l'échantillon après la dessiccation final.

Pt i = Poids total initial (10gde sol ou fiente ou compost+P0).

$$\text{Humidité (\%)} = 100 \% - \text{Totale solide}$$

11.1.5. La matière organique (MO%)

Le taux de cendres est calculé après calcination sec à 550°C /16h (Ramdani, 2015).

- On pesé 10g d'échantillons (sol, fiente, mélange).
- Nous avons met l'échantillon dans un creuset en porcelaine.
- Incubé dans un four à moufle 550°C/16h (Annexe 5).

Le taux de la matière est calculé en pourcentage par la formule suivante :

$$\text{Les cendres(\%)} = (\text{Ptf} - \text{P}_0) / (\text{Pti} - \text{P}_0) \times 100$$

P₀ : Poids de creuset.

Ptf : Poids total final de l'échantillon après l'incinération.

Pti : Poids total initial de l'échantillon (10g +P₀).

$$\text{Matière organique (\%)} = 100\% - \text{cendres(\%)}$$

11.1.6. L'ammoniac N-NH₃⁺

- Introduire 2 g d'échantillon frais, dans la colonne de distillation.
- Additionne de 10 ml KCl 2N.
- On a pesé 0.1g de MgO qui sera ajouté avant de mettre la colonne au distillateur BÜCHI (Ramdani, 2015).

Tous les échantillons doivent être analysés en triple pour chaque traitement afin d'obtenir des données suffisantes pour l'analyse statistique.

***La titration**

Dans une erlenmeyer de 250 ml

- On met 5 ml d'acide borique 1%.
- On ajoute 2 à 3 gouttes d'indicateur mixte (Tashiro).

Placer l'ensemble sous le support de distillation (BÜCHI), pour récupérer le distillat de couleur verte.

- Le distillat est titré par une solution de 0,01N d'HCl avec une burette de 50 ml.

Le point d'équilibre est indiqué par le virage de couleur verte vers une couleur légèrement grisâtre. (Annexe 7).

Le calcul des concentrations est selon l'équation au dessous :

$$\text{Concentration N-NH}_3^+ \text{ (ppm)} = \text{ml HCl} \times 14 \times \text{N HCl} \times 1000/\text{g du poids sec}$$

11.1.7. Carbone organique dissous (COD)

Extraction

- Dans des erlenmeyer de 100ml, on met 2g d'échantillon frais et mettre dans une solution de K_2SO_4 de concentration 0.5 mol puis on couvre au prafilm.
- On agite à l'aide d'un agitateur pendant 1 heure à 200 tour/min.
- On laisse décanter pendant 15 min.
- Après filtrer à travers papier filtre.

Digestion

- Dans des tubes de 100x12cm on met 2 ml de l'extrait, 1ml de $K_2Cr_2O_7$ 1N, sous l'hôte on ajoute 2ml d'acide sulfurique concentré.
- Nous avons placé à l'étuve à 160°C pendant 15 à 30 min.

On laisse refroidir et on ajoute 1ml de $BaCl_2$ 6% afin de précipiter l'excès de sulfates (Annexe 9).

- A la fin, nous avons mesuré les absorbance à 595nm (Tate *et al.*, 1998).

11.1.8. Dosage de l'azote total par la méthode de Kjeldahl (Ntot)

L'azote NTK, somme de l'azote ammoniacal et de l'azote organique (Keeney et Nelson, 1982).

La 1 ère étape

- Dans chaque matras de digesteur nous avons mis 0,7g d'échantillon sec ; ajouté de 20ml d'acide sulfurique concentré. Verser l'acide lentement et en agitant par rotation douce. Ajouté un comprimé 2,5g de tablette catalytique (Bremner et Mulvaney, 1982).
- Placer le matras dans le digesteur à température 360°C pendant 3 heures. Attendre que le milieu refroidir (Annexe 10).
- On met 30 ml de l'eau distillé (pour bien refroidir) puis on verse dans une fiole jaugée de 500ml et complété avec l' H_2O distillé.

La 2^{ème} étape

- Dans la colonne de distillation nous avons versé : 20ml de la solution diluée avec 30ml de NaOH (30%).
- Dans une erlen de 100 ml on versé 5 ml d'acide borique 1% puis on ajoute 2 à 3 goutte d'indicateur mixte (Tashiro), placer l'ensemble sous le support de distillation (BÜCHI), pour récupérer le distillat de couleur verte (Keeney et Nelson, 1982) (Voir annexe 7).

Titration

Le distillat est titré par l'HCl 0,01 N, le point d'équilibre est indiqué par le virage de couleur verte vers une couleur légèrement grisâtre.

$$N - NTK = \frac{(V_1 - V_0) \times 0.014 \times C \times 1000}{M} \text{ (mg N - NTK/Kg MS)}$$

Avec

V_0 : Volume de la solution de HCl utilisé pour l'essai à blanc (ml).

V_1 : Volume de la solution de soude utilisé pour le dosage de l'échantillon (ml).

C : Concentration de la solution de HCl utilisée lors du titrage (mol/L)

M : Masse de la prise d'essai (g).

11.1.9. Le carbone organique CO%

Le carbone organique n'est pas la seule forme de carbone présente dans le sol. Il existe aussi des formes inorganiques et des formes organiques particulières. La matière organique contient en moyenne 58% de carbone organique (Ghiti *et al.*, 2016).

Le pourcentage de carbone organique est calculé selon la relation suivante :

$$CO\% = \frac{MO\%}{2}$$

11.1.10. Calcium, Magnésium et Phosphore

On a mesuré le teneur de Ca^{++} , Mg^{++} et P_2O_5 dans le sol, le fiente et le compost PAP et PL de début et de la fin (le protocole est dans l'annexe 18) (Annexe 8+11).

11.2. Les paramètres biologiques analysés

11.2.1. Mesure de paramètres microbiologiques

11.2.1.1. Mise en culture des bactéries

Les analyses microbiologiques sont réalisées à partir d'une suspension de 10 g de compost dans 90 ml d'eau physiologique (NaCl: 9%) (Annexe 12).

La suspension est par la suite homogénéisée à l'aide d'un agitateur puis laisser 10 min.

Les deux échantillons préparés ont été dilués de 10^{-1} (solution mère) à 10^{-4} , et sontensemencées sur les milieux synthétiques standard sur boîte de Pétri (Fig.3).

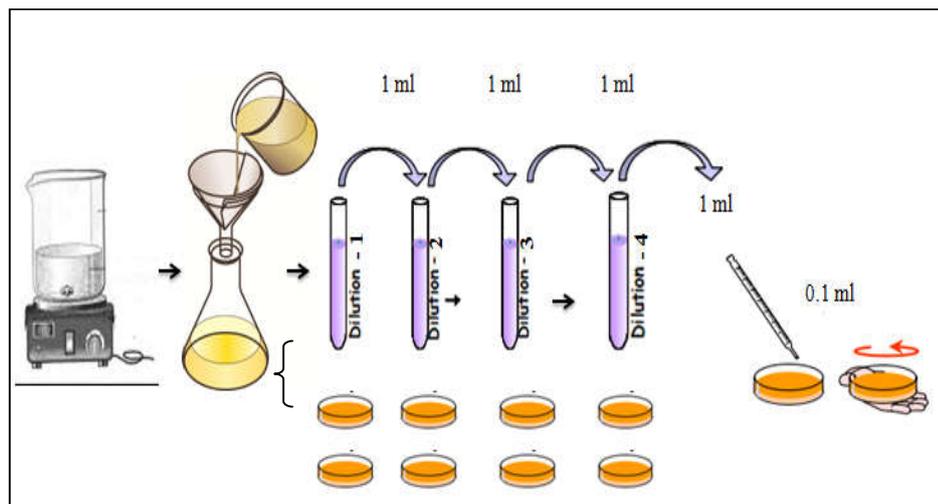


Figure 3. Un Schéma présente la préparation de la suspension et les dilutions pour le mesure de paramètres microbiologiques. (Image personnelle).

Les germes à dénombrer et à rechercher sont résumés dans le tableau 6 :

Tableau 6. Analyse microbiologique du compost.

Germes	Milieux utilisé	Durée et T° C d'incubation
Cocci Gram positive	Chapman	24 à 48 h, 37°C
Les entérobactéries	Mac Conkey	24 h à 37°C
<i>Salmonelle et Shigella</i>	SS	24 h à 37°C
<i>Flore totale</i>	GN	48 h-72 h à 30°C.
Champignons	PDA	22°C pendant 7 jours.

11.2.1.2. Dénombrement des bactéries

Nous avons compté le nombre des colonies des bactéries à l'aide d'un compteur de colonies, le nombre qui est de 15-300 colonies est acceptable, sinon les boites ne seront pas tenues en compte.

Le nombre de micro-organisme par gramme de produit est calculé à partir de boites retenues au niveau de deux dilutions successives par la formule de norme ISO 7218.

$$N = \frac{\sum c}{(N1 + (0.1 N2) D)} \times \frac{1}{V} \times \frac{Vsm}{Vpr}$$

N	Bactéries/g ou par L.
$\sum c$	La somme des colonies comptées sur les boites retenue.
N1	Nombre de boites de la dilution la plus faible (la première dilution).
N2	Nombre de boites de la seconde dilution.
D	Facteur de dilution (la plus faible).
V	Volume de la prise de l'essai.
Vsm	Volume de la solution mère.
Vpr	Volume de prélèvement du produit.

11.2.1.3. Caractère macroscopique

L'étude des caractères visibles à l'œil nu : formes, taille, couleur et aspect.

11.2.1.4. Caractère microscopique

C'est l'étude de la coloration de Gram qui est l'étape clé dans notre travail, cette étape de l'examen directe est essentiel pour apprécier la présence et la morphologie des germes et permet de classer les bactéries en deux grandes catégories Gram + et Gram – (Annexe 12).

11.2.1.5. Test de la catalase

CATALASE

- Placer une goutte de peroxyde d'hydrogène H₂O₂ sur une lame de verre.
- Avec une anse de platine, prélever des bactéries et les disperser dans le H₂O₂.
- Observer immédiatement le dégagement de bulles d'O₂ pour une réaction positive (Garnier et Denis, 2007).

11.2.2. L'étude de la mycoflore d'un compost

On a étudié la présence ou l'absence des champignons (une étude supplémentaire) au début et à la fin de notre travail.

11.2.2.1. L'échantillonnage et le dénombrement

L'échantillonnage et le dénombrement ont été réalisés de même méthode des bactéries qui est montré au dessus.

11.2.2.2. Observations microscopiques

Pour la réalisation de cette étape, on prend un petit morceau de scotch est l'appliqué sur la surface de la culture fongique puis on le met sur la lame, avec 02 gouttes de bleu de méthylène.

Des observations microscopiques ont été effectuées par microscope optique aux différents grossissements.

11.2.2.3. L'identification

Elle est basée sur les deux aspects : microscopiques et macroscopiques.

11.2.2.4. Aspects macroscopique

L'examen des boites s'effectue à l'œil nu et avec la loupe binoculaire. On observe attentivement, dans un endroit bien éclairé, l'aspect du champignon, en vérifiant que toutes les colonies soient identiques, il faut noter :

- La couleur des colonies.
- La taille : en mesurant le diamètre de la colonie.
- La forme du contour : régulier, irrégulier, lobé, dentelé, filamenteux.
- La consistance de la colonie : duveteuse, laineuse, cotonneuse, floconneuse, poudreuse,...etc.

11.2.2.5. Aspects microscopiques

L'examen microscopique est basé sur les caractères morphologiques, on note les organes de fructifications, types de spores, aspect du thalle, aspect, taille, couleur et disposition des spores.

11.2.3. Mesures de la respiration du compost

La production de CO₂ dans des conditions aérobies c'est un indicateur de l'activité biologique, la mesure de ce paramètre repose sur la mesure de l'activité respiratoire des microorganismes présents dans le compost.

11.2.3.1. Respiration induite par le substrat (SIR)

La (SIR) est la respiration du sol mesurée en présence d'un substrat ajouté tel que le fructose, le glucose, les acides aminés, etc (Aira *et al.*, 2007).

La solution de fructose à 0,75 ml de dilution 60 mg a été ajoutée à des échantillons frais (5 g), les récipients de 250 ml ont été fermés et incubés à 25 ° C pendant 2 heures.

Le CO₂ produit à partir de l'échantillon a été pris au piège dans NaOH 60 mmol et par la suite mesuré par titrage avec HCl 20 mmol à une phénolphtaléine point finale, après l'ajout d'un excès BaCl₂ (Aira *et al.*, 2007) (Annexe 13).

11.2.3.2. Respiration Basale

La respiration basale est définie comme la respiration sans addition substrat organique dans le sol (Ghiti *et al.*, 2014).

Respiration basale a été déterminée par la mesure de l'évolution de CO₂. Des échantillons (5 g de poids frais) ont été placés dans une boîte de 250 ml étanche à l'air et incubée à 25 ° C pendant 2 h. Le CO₂ produit à partir de l'échantillon était piégé dans NaOH 30 mmol et ensuite mesuré par titrage avec HCl 10 mmol à un point de terminaison de la phénolphtaléine, après addition d'un excès BaCl₂ (Anderson, 1982 et Aira *et al.*, 2007) (Annexe 13).

La respiration est d'abord calculée en mg par la formule suivante :

$$[\text{CO}_2] \text{ mg} = (\text{Vb} - \text{Ve}) \times 22 \times [\text{HCl}] \times 4$$

Où **Vb** : volume de HCl pour le blanc.

Ve : volume de HCl pour l'essai.

22 : poids molaire de CO₂.

4 : facteur de dilution.

$$[\text{CO}] \text{ mg} = [\text{CO}] \text{ mg} / \text{h.p.s}$$

12. Test de phytotoxicité

La phytotoxicité est un des derniers phénomènes qui permet de distinguer facilement un compost mûr d'un compost immature (Mustin, 1987 et Epstein, 1997).

Pour évaluer la maturité des composts obtenus, nous avons déterminé l'effet de l'extrait aqueux du compost sur la germination des graines de cresson (*Lepidium sativum*).

Le test de cresson est un test rapide qui a duré 5 jours (Annexe 14).

La détermination de la phytotoxicité s'effectue selon protocole de (Zucconi et Bertoldi, 1987) :

1. Préparation de l'extrait aqueux des échantillons à analyser 1/5. (05 g d'échantillon dans 25 ml d'eau distillé).
2. Agitation pendant 1 heure, mis le mélange dans tubes de centrifugation de 13 ml.
3. Centrifugation à 4500 rpm pendant 30 min dans une centrifugeuse de SIGMA[®] pour séparer les phases.
4. Filtration le surnagent à l'aide d'un papier filtre, puis diluer à 30% qui sera utilisé comme milieu de germination.
5. Pour chaque échantillons 10 boites de Pétri stériles sont utilisées. Chaque boite est munie d'un papier Whatman #1. Il est imbibé avec 02 ml de l'extrait dilué à 30%.
6. 10 graines de cresson sont utilisées dans chaque boite de Pétri. Par ailleurs, 10 boites de Pétri sont préparées comme témoin, Il est imbibé avec 02 ml avec d'eau distillée.
7. Les boites sont incubées pendant 48h à l'obscurité à 20 - 25°C avec 60% d'humidité dans un incubateur (memmert IN55[®]) pour culture végétale.
8. Après les 48h la germination est inhibé avec 01 ml l'éthanol.
9. Le nombre de graines germées qui ont développé une racine de longueur minimale de 01 cm sont prises en compte (Annexe 14).
10. Les résultats de ce test nous permettent de calculer de :

a-La germination relative des graines (%RSG) (Hoekstra et *al.*, 2002) :

$$\text{RSG} = \frac{\text{Nombre total de graine germée de l'échantillon}}{\text{Nombre total de graine germée de témoin}} \times 100$$

b-La croissance relative des racine (%RRG) (Hoekstra et *al.*, 2002) :

$$\text{RRG} = \frac{\text{Moyenne de la longueur des racines de l'échantillon}}{\text{Moyenne de la longueur des racines de témoin}} \times 100$$

c-l'index de germination (% IG) (Zucconi et Bertoldi, 1987) :

$$\text{IG} = \frac{\text{Moyenne de graines (éch)} \times \text{Moyenne de la longueur de la racine (éch)} \times 100}{\text{Moyenne des graines (tém)} \times \text{Moyenne de la longueur de la racines (tém)}}$$

d-L'action de phytotoxique (% AF) (Zucconi et Bertoldi, 1987) :

$$\text{AF} = 100 - \text{IG}$$

Échantillon : éch / Témoins : tém

13. Test de toxicité sur les vers de terre

Nous avons testé la toxicité sur les vers de terre pour assurer la maturité et la stabilité du compost par la méthode suivante (Pang *et al.*, 2012).

- Nous avons prélevé plus de 100 vers de terre (Annexe 2).
- Nous avons mis trois vers de terre avec 15 g d'échantillons (compost) dans des boîtes de pétrie (3 répétitions pour chaque réacteur).

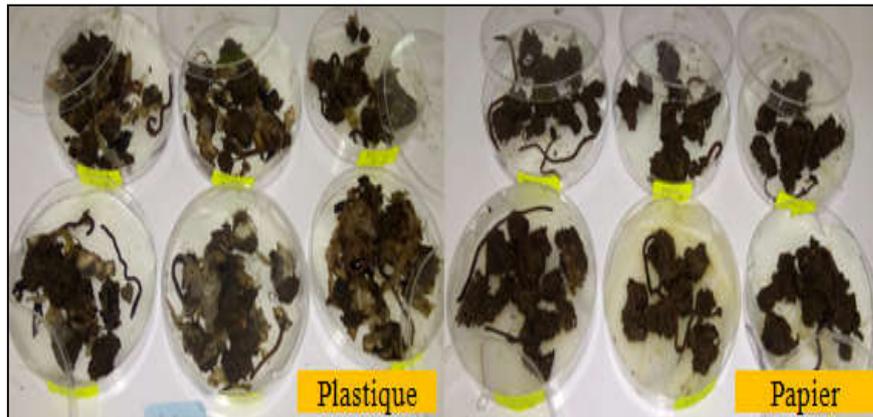


Figure 4. Préparation des vers de terre pour le test de toxicité (Image personnelle).

Chapitre 4

Résultats et discussion

14. Analyses physico-chimiques

Tableau 7. Les moyennes et SD± des paramètres physico-chimiques de PAP et PL.

Paramètre mesuré	Source	Moyenne	SD±	Paramètre mesuré	Source	Moyenne	SD±
pH	1	6,86	0,112	N-NH ₃ ⁺ µg/Kg .ps	1	15.81	1.490
	2	7,21	0,178		2	36.47	3.950
conductivité électrique (µs/cm)	1	3493,75	384,87	Azote total %	1	0.275	1.70
	2	2840,00	120,69		2	0.250	0.000
Humidité relative en %	1	31,35	5,239	carbone totale %	1	32,41	0,772
	2	36,55	5,8261		2	37,85	0,861
Matière organique en %	1	64,82	1,544	Phosphore mg/l	1	14.004	17.297
	2	75,71	1,722		2	0.720	2.980
Magnésium mg/l	1	147.00	0.840	Calcium mg/l	1	421.00	1.400
	2	101.40	0.840		2	401.00	1.410

14.1. La réduction de la masse

Dans notre étude, le compost de déchets (fiente + papier + sol) et (fiente + plastique +sol) était 2,05Kg de masse, après traitement il est devenu 1,70 Kg pour PAP, et 1,90 Kg pour lePL.

Le compostage s'accompagne d'une perte importante en matière brute .Cette réduction est provoquée d'une part par l'évaporation de l'eau sous l'effet de la chaleur. D'autre part, la perte de masse est due à la minéralisation de la matière organique par les microorganismes et pouvant atteindre 20% à 60% de la matière organique initiale (Lashermes, 2010).

Tableau 8. L'observation visuelle, couleur et odeur de compost.

Compost	L'observation visuelle	La couleur	L'odeur
PAP	Un aspect homogène	Brunâtre terreux	Disparition de l'odeur nocive
PL	Présence les particules de plastique rétrécie	Brunâtre foncé	Présence de l'odeur nocive

**Figure 5.** Le produits final « compost PAP et PL ».

14.2. La température

Les changements de température des composts dans les 90 jours indiquent que la température a atteint une valeur maximale de ($35^{\circ}\text{C} \pm 0.10$) pour le réacteur PAP et ($32^{\circ}\text{C} \pm 0.30$) pour le réacteur PL après 60 jours.

Après cela, il y a une diminution de température jusqu'au 90ème jour pour les deux composteurs.

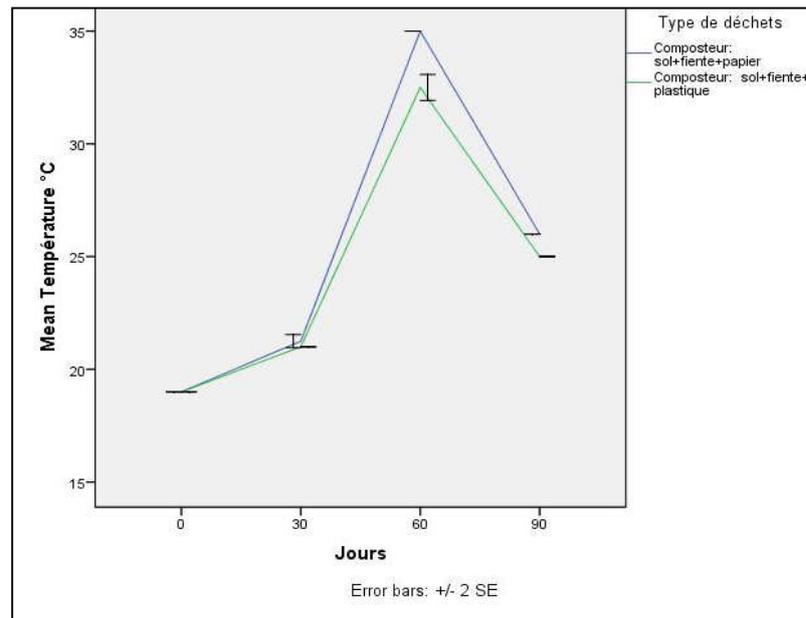


Figure 6. Courbe présente l'évolution des moyennes de la température au cours de compostage.

Le tab MANOVA montre une influence très significatif ($P=0.000$) de type de déchet sur la température (Tab.9).

Tableau 9. Résultats de test MANOVA pour le variable température.

La température	df	F	P
Effet de traitement	1	135,00	0,000
Temps de traitement	3	48,60	0,000

Selon Hassan *et al*, (2001) élévation de la température est la conséquence directe d'une intense activité microbienne qui résulte l'oxydation de la matière organique des substrats, et l'hygiénisation du produit final.

Une température minimale est nécessaire à l'activité des micro-organismes et à la dégradation. (Liang *et al.*, 2003).

14.3. pH

Au cours de notre essai nous avons mesuré le pH dans les deux composteurs PAP et PL avec des moyennes de $(6,86 \pm 0,11)$ et $(7,21 \pm 0,17)$ respectivement, Les valeurs de pH sont plus élevée dans le produit final du composteur PL $\text{pH} = 8,4$, la valeur minimale $\text{pH} = 6,10$ dans composteur PAP.

La moyenne de pH de fiente est $(6,70 \pm 0,005)$ et du sol $(6,58 \pm 0,01)$.

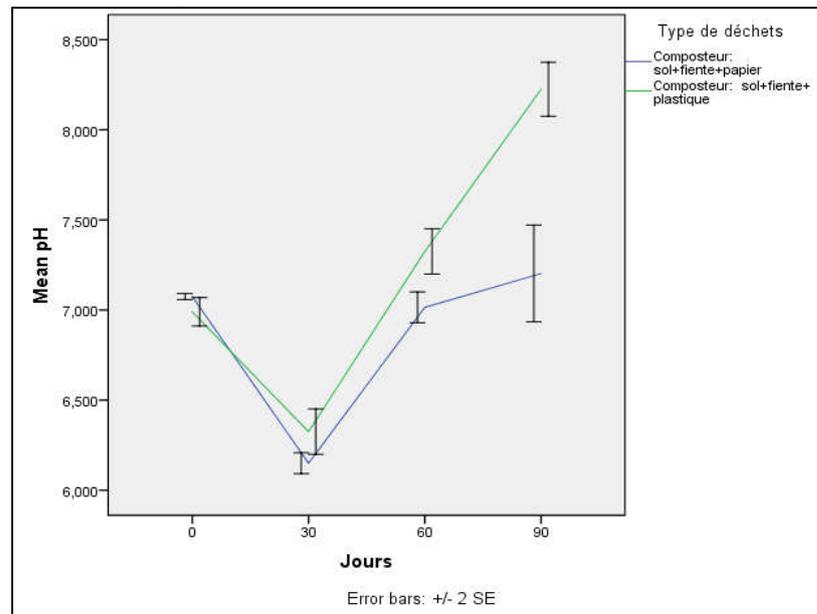


Figure 7. Courbe présente l'évolution des moyennes des pH au cours de compostage.

La courbe montre une augmentation très significative au cours de temps.

Le tab MANOVA montre une influence très significatif ($P=0,000$) de type de déchet sur le pH (voir tab.10).

Tableau 10. Résultats de test MANOVA pour le variable pH.

pH	df	F	P
Effet de traitement	1	56,473	0,000
Temps de traitement	3	165,947	0,000

Le résultat d'Azim, K et *al.* (2000) indique que le pH peut diminuer au premier stade du compostage, en raison des acides organiques libérés lors de la décomposition de substrats organiques simples et de la volatilisation de l'ammoniac initial, par la suite, la disparition de matières organiques facilement dégradables et minéralisation conduisant à une augmentation du pH.

D'après Ramdani (2015) les pH acides sont caractéristiques des composts immatures alors que les composts mûrs sont caractérisés par des pH compris entre 7 et 9.

14.4. La Conductivité électrique

Au cours de notre essai nous avons mesuré la conductivité des échantillons dans les deux composteurs PAP et PL avec des moyennes de (3493,75 $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 384,873$) et (2840,00 $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 120,699$) respectivement, les valeurs de CE sont plus élevée dans le produit final du composteur PL (7090,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et valeur minimale (1650,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$) dans composteur PAP.

La moyenne de fiente est (4410,00 $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 0,101$) et du sol (1405,00 $\mu\text{S}/\text{cm} \pm 5,00$).

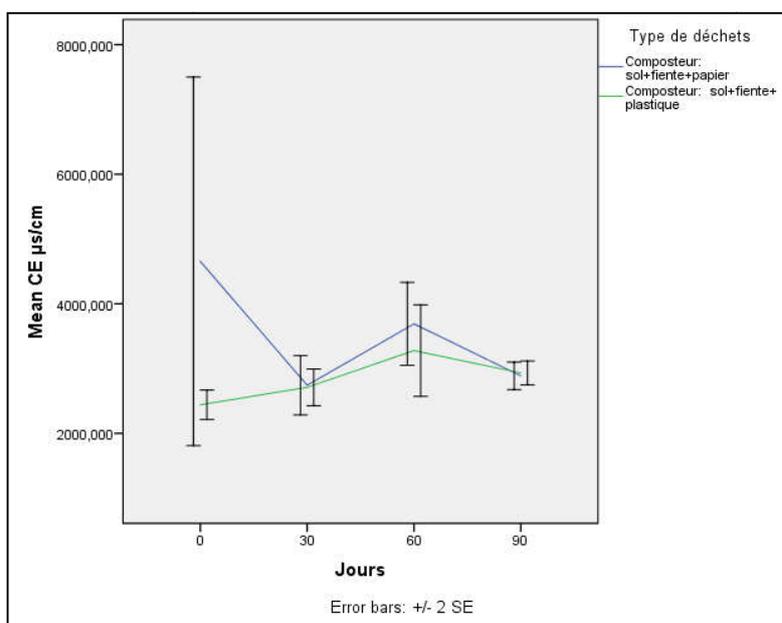


Figure 8. Courbe présente l'évolution des moyennes des CE au cours de compostage.

Le tab MANOVA montre une influence non significatif ($p=0,101$) de type de déchet sur le CE donc pas de changement au cour de temps) (Tab. 11).

Tableau 11. Résultats de test MANOVA pour le variable CE.

CE $\mu\text{S/cm}$	df	F	P
Effet de traitement	1	2,903	0,101
Temps de traitement	3	1,144	0,351

Selon Larbi (2006) la conductivité électrique, mesure de la teneur de sel, varie fortement.

L'augmentation initiale de la CE pourrait être causée par la libération de sels minéraux tels que les phosphates et les ions ammonium par la décomposition des substances organiques, pendant la progression du compostage, la volatilisation de l'ammoniac et de la précipitation des sels minéraux peuvent être les raisons possibles de la diminution de la CE jusqu'à la phase finale de compostage (Chennaoui *et al.*, 2016).

Le compost avec une CE faible peut être utilisé directement alors que le compost de haute CE doit être bien mélangé avec la terre ou d'autres matériaux à faible CE (Villar *et al.*, 1993).

14.5. Humidité relative%

Au cours de notre essai nous avons mesuré l'humidité des échantillons dans les deux composteurs PAP et PL avec des moyennes de $(31,36\% \pm 5,23)$ et $(36,55\% \pm 5,82)$ respectivement, les valeurs de H% sont plus élevée dans le produit final du composteur PL (56,39 %), la valeur minimale (51,89%) dans composteur PAP.

La moyenne de fiente est $(15,95\% \pm 0,055)$ et du sol $(4,45\% \pm 0,008)$.

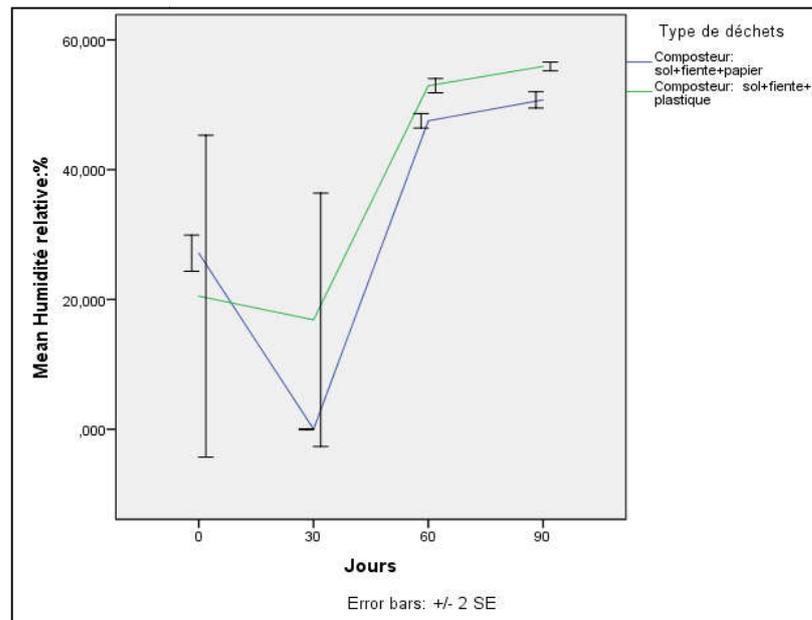


Figure 9. Courbe présente l'évolution des moyennes d'H % au cours de compostage.

La courbe montre une augmentation significative au cours de temps.

Le tab MANOVA montre une influence non significatif ($p=0,203$) de type de déchet sur l'H% donc pas de changement au cours de temps. (Voir tab.12).

Tableau 12. Résultats de test MANOVA pour le variable Humidité relative.

H%	df	F	P
Effet de traitement	1	1,717	0,203
Temps de traitement	3	29,522	0,000

Une bonne humidité est primordiale pour que l'activité des micro-organismes soit plus importante, ce qui accélère le processus de compostage. Le taux d'humidité diminue significativement au cours du temps, environ 70%, il est attribué cette perte d'eau à la lixiviation et à l'évaporation due à l'élévation de la température due à l'activité microbienne intense lors du compostage (Chennaoui *et al.*, 2016).

Au cours de la phase de fertilisation biologique, il y a oxydation de la matière organique, production de CO_2 et de l'eau (Mustin, 1987).

L'eau qui résulte de dégradation des matières de départ reste dans les composteurs (ne perd pas de lixiviat) plus l'humidification des composts, c'est la cause de l'augmentation de l'H% dans notre composts.

14.6. Matière organique %

Au cours de notre essai nous avons mesuré la MO% des échantillons dans les 2 composteurs PAP et PL avec des moyennes de $(64,82 \pm 1,54)$ et $(75,71 \pm 1,72)$ respectivement, les valeurs de MO% sont plus élevée dans le produit final du composteur PL (86,970%), la valeur minimale (51,6 %) dans composteur PAP.

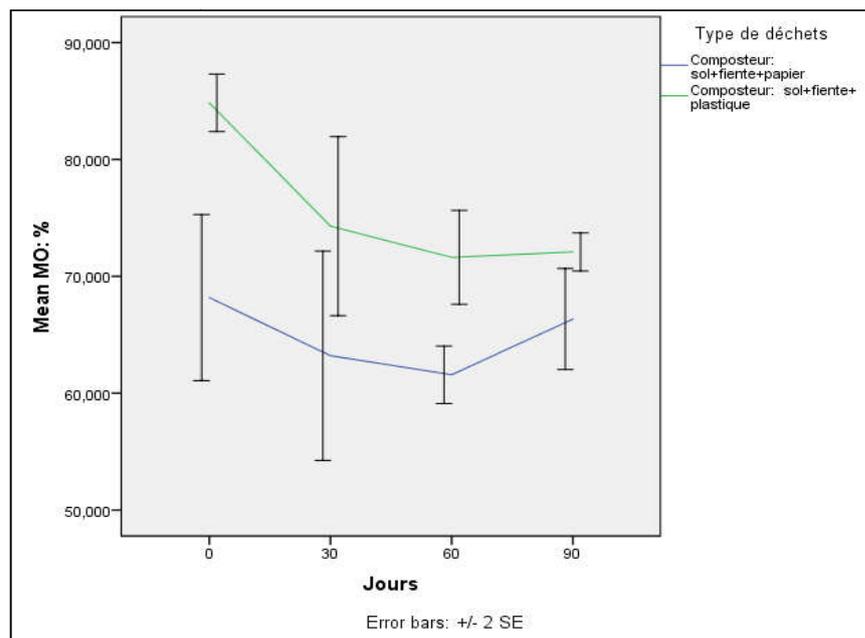


Figure 10. Courbe présente l'évolution des moyennes des MO % au cours de compostage.

La courbe montre une diminution significative au cours de temps.

Le tab MANOVA montre une influence très significative ($p=0,000$) de type de déchet sur la MO% (voir tab.13)

Tableau 13. Résultats de test MANOVA pour le variable MO %.

MO %.	df	F	P
Effet de traitement	1	31,747	0,000
Temps de traitement	3	4,992	0,008

Selon Grigatti *et al.* (2004) la diminution de MO% est caractéristique de la dégradation des matières organiques. En effet, cette diminution, pendant le compostage, a souvent été rapportée et assimilée à la minéralisation des matières organiques par les micro-organismes.

14.7. Carbone organique totale%

Au cours de notre essai nous avons mesuré le COT% dans les deux composteurs PAP et PL avec des moyennes de $(32,41\% \pm 0,77)$ et $(37,21\% \pm 0,86)$ respectivement, Les valeurs de COT sont plus élevée dans le produit final du composteur PL (43,483%), et la valeur minimale (25,824 %) dans composteur PAP.

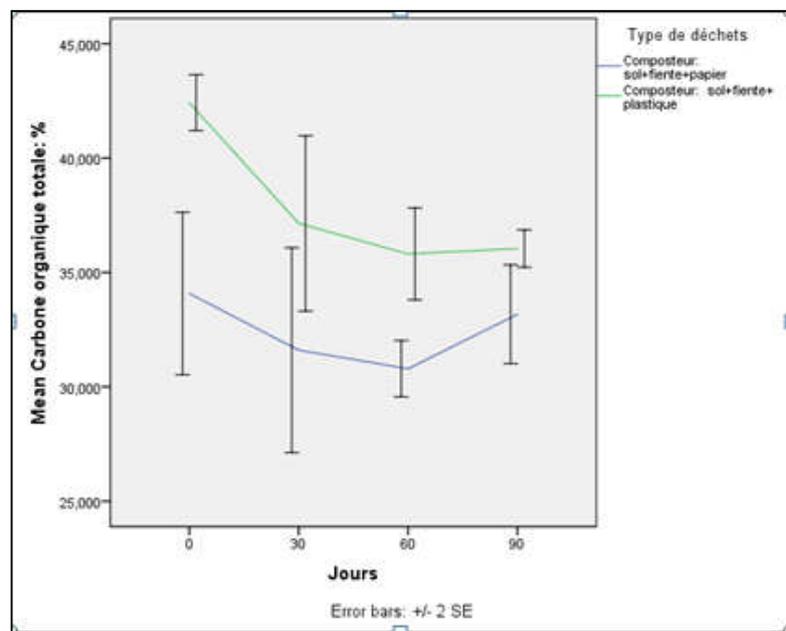


Figure 11. Courbe présente l'évolution des moyennes COT % au cours de compostage.

La courbe montre une diminution significative au cours de temps.

Le tab MANOVA montre une influence très significatif ($p=0.000$) de type de déchet sur le COT % (voir tab.14).

Tableau 14. Résultats de test MANOVA pour le variable COT %.

COT %	df	F	P
Effet de traitement	1	31,741	0,000
Temps de traitement	3	4,979	0,008

Selon Morel *et al.* (1986) une baisse importante du taux de carbone organique due à la minéralisation de la matière organique.

Les analyses de la variance pour la matière organique et le carbone sont identiques, puisqu'il s'agit simplement d'une multiplication de la teneur en carbone par le facteur de 1,74 (Sall, 2014).

14.8. Carbone organique dissous

Au cours de notre essai nous avons mesuré COD des échantillons sol, fiente et de les deux composteurs PAP, PL au début et à la fin de compostage (voir tab.15).

Tableau 15. Les moyennes \pm SD du variable COD $\mu\text{g/g}$. pf.

Déchets	Fiente de pigeon	Sol	Début de compostage		Fin de compostage	
			PAP	PL	PAP	PL
Moyenne	9,834	10.955	9135,41	6729,16	4322,91	6447,91
SD\pm	10,539	0.000	0,000	162,04	324,090	559,79

L'histogramme nous fait voir qu'il y'a une diminution de la quantité de COD entre le début et la fin de compostage dans les deux réacteurs, et la différence est beaucoup plus montrée dans le compost (PAP 1) que le compost (PL 2).

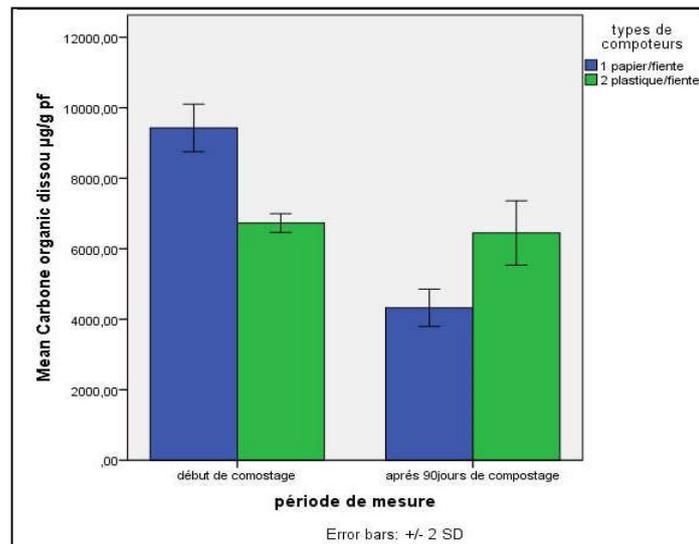


Figure 12. Histogramme présente l'évolution de carbone organique dissous au début et à la fin de compostage.

Le tab MANOVA montre une influence non significatif de type de déchet sur le taux d COD ($p=0.676$) (voir tab.16).

Tableau 16. Résultats de test MANOVA pour le variable COD.

COD µg/g. pf	df	F	P
Effet de traitement	1	0,213	0,676
Temps de traitement	1	55,41	0,005

La diminution du taux de COD peut être attribuée à son utilisation par les microbes pour obtenir de l'énergie par la respiration (libéré le CO_2), ce qui lui donne une accélération pour la minéralisation de carbone organique (Ghiti *et al.*, 2016).

14.9. L'Ammoniac $N-NH_3$

Au cours de notre essai nous avons mesuré l'ammoniac $N-NH_3$ des échantillons sol, fiente et de les deux composteurs PAP, PL au début et à la fin de compostage (voir tab.17).

Tableau 17. Les moyennes±SD du variable Ammoniac.

Déchets	Fiente de pigeon	Sol	Début de compostage		Fin de compostage	
			PAP	PL	PAP	PL
Moyenne	39,55	6,59	34,19	43,30	15,81	36,47
SD±	2,9000	0,0002	0,000	7,370	1,490	3,950

L'histogramme nous fait voir qu'il y'a une diminution de la quantité d'ammoniac entre le début et la fin de compostage dans les deux réacteurs, et la différence est beaucoup plus montrée dans le compost (PAP 1) que le compost (PL 2).

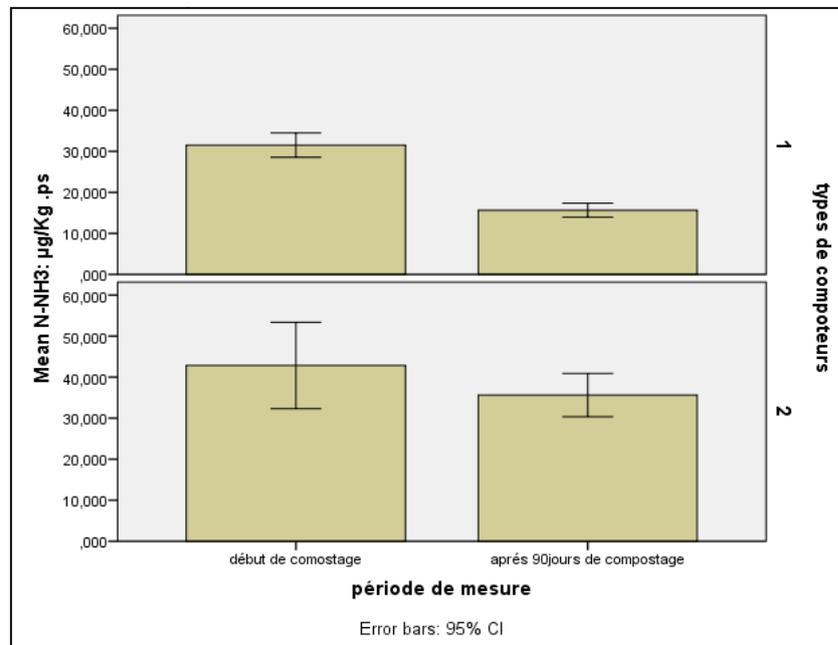


Figure 13. Histogramme présente l'évolution des moyennes ammoniac au début et à la fin de compostage.

Le tab MANOVA montre une influence significatif de type de déchet sur le taux d'ammoniac ($p=0.031$) (voir tab.18).

Tableau 18. Résultats de test MANOVA pour le variable Ammoniac.

N-NH3	df	F	P
Effet de traitement	1	14,713	0,031
Temps de traitement	1	2,218	0,233

Selon Fuchs *et al.* (2001) les valeurs ammoniacales pour les composts diminuent fortement lors de la maturation pour s'approcher de la valeur 0, lorsque l'ammonium est nitrifié.

Les microorganismes nitrifiants induisent une diminution de la teneur en ammonium (NH_4^+) (Azim *et al.*, 2018).

14.10. L'Azote totale

Au cours de notre essai nous avons mesuré l'azote des échantillons sol, fiente et de les 2 composteurs PAP, PL au début et à la fin de compostage (voir tab.19).

Tableau 19. Les moyennes \pm SD de l'azote.

Déchets	Fiente de pigeon	Sol	Début de compostage		Fin de compostage	
			PAP	PL	PAP	PL
Moyenne	8,50	3,00	0,75	0,275	0,275	0,250
SD\pm	0,707	0,707	0,000	0,035	0,170	0,000

L'histogramme nous fait voir qu'il y'a une diminution de la quantité d'azote entre le début et la fin de compostage dans les deux réacteurs, et la différence est beaucoup plus montrée dans le compost (PAP 1) que le compost (PL 2).

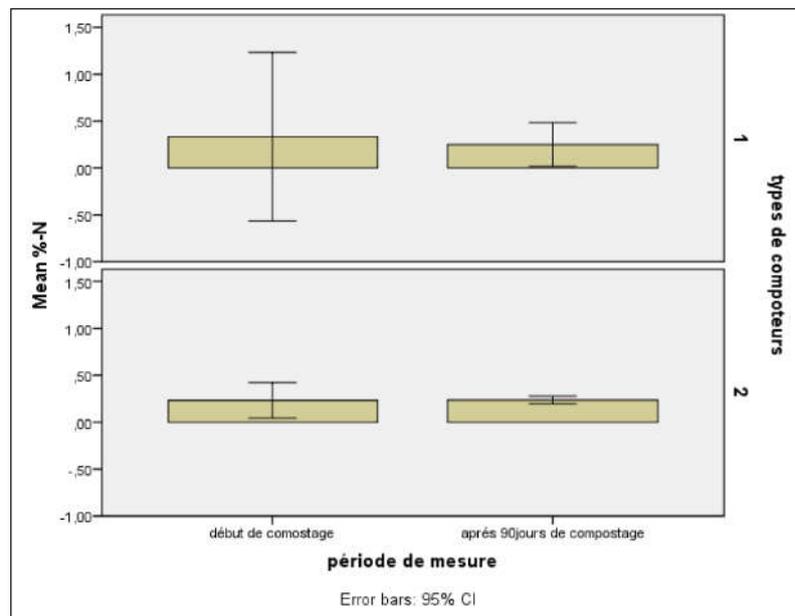


Figure 14. Courbe présente l'évolution des moyennes d'azote au début et à la fin de compostage.

Le tab MANOVA montre une influence significatif de type de déchet sur le taux d'azote ($p=0.05$) (voir tab.20).

Tableau 20. Résultats de test MANOVA pour le variable l'azote %.

N	df	F	P
Effet de traitement	1	9,23	0,050
Temps de traitement	1	7,477	0,072

Au cours du compostage, l'azote organique des déchets se minéralise. Les formes principales de l'azote minéral des composts sont l'ammonium (NH_4^+), et les nitrates (NO_3^-) lorsque la nitrification va jusqu'à son terme.

Une partie de cet azote minéral est réincorporé dans le métabolisme microbien des micro-organismes actifs au cours du compostage, une partie est incorporée dans la matière organique des composts lors de leur humification, et une partie est libérée dans la matrice sous forme d'azote minéral (Larsen et McCartney, 2000).

En fin de compostage, les phénomènes de minéralisation deviennent prédominants, et une augmentation de la teneur en Nitrate NO^{-3} est fréquemment observée (Sanchez-Monedero *et al.*, 2001).

14.11. Eléments d'intérêt agronomique

Calcium, Magnésium et Phosphore

Au cours de notre essai nous avons mesuré le Ca^{++} , Mg^{++} , P_2O_5 des échantillons sol, fiente et de les deux composteurs PAP, PL au début et à la fin de compostage.

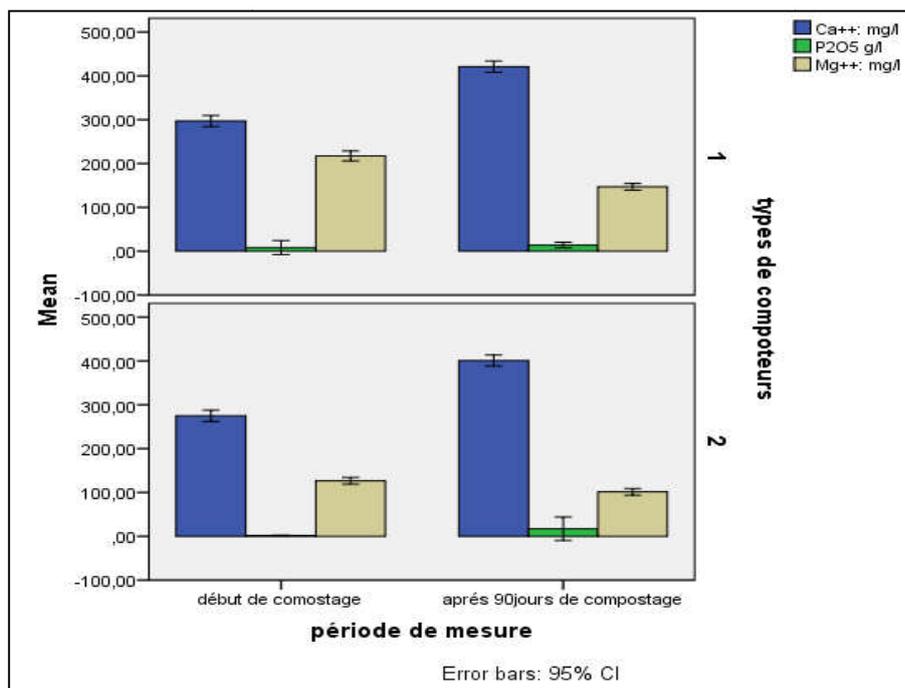


Figure 15. Histogramme présente l'évolution des moyennes Ca^{++} , Mg^{++} , P_2O_5 au début et à la fin de compostage.

14.11.1. Calcium

L'histogramme (Fig.15) nous fait voir qu'il y'a une augmentation de la quantité de Ca^{++} entre le début et la fin de compostage dans les deux réacteurs, et la différence est beaucoup plus montrée dans le compost (PAP 1) que le compost (PL 2) (Voir tab.21).

Tableau 21. Les moyennes \pm SD de Ca^{++} .

Déchets	Fiente de pigeon	Sol	Début de compostage		Fin de compostage	
			PAP	PL	PAP	PL
Moyenne	412,00	140,0	298,00	275,00	421,00	401,00
SD\pm	0,000	0,000	0,000	1,410	1,410	1,410

Le tab MANOVA montre une influence très significatif de type de déchet sur le taux de Calcium ($p=0.000$) au cours de temps (voir tab.22).

Tableau 22. Résultats de test MANOVA pour la variable Ca^{++} .

Ca^{++}	Df	F	P
Effet de traitement	1	369,8	0,00
Temps de traitement	1	1,8	0,272

14.11.2. Magnésium

L'histogramme (Fig.15) nous fait voir qu'il y'a une diminution de la quantité de Mg^{++} entre le début et la fin de compostage dans les deux réacteurs, et la différence est beaucoup plus montrée dans le compost (PAP 1) que le compost (PL 2) (Voir tab.23).

Tableau 23. Les moyennes \pm SD de Mg^{++} .

Déchets	Fiente de pigeon	Sol	Début de compostage		Fin de compostage	
			PAP	PL	PAP	PL
Moyenne	0,00	14,00	216,60	126,60	147,00	101,40
SD\pm	0,000	16,890	0,001	0,840	0,840	0,840

Le tab MANOVA montre une influence très significatif de type de déchet sur le taux de Mg^{++} ($p=0.000$) au cours de temps (voir tab.24).

Tableau 24. Résultats de test MANOVA pour le variable Mg^{++} .

Mg^{++}	Df	F	P
Effet de traitement	1	10215,2	0,000
Temps de traitement	1	1095,2	0,000

Selon Stewart (2000) la libération du calcium et magnésium dans le milieu due à la transformation des matériaux de départ.

Le Calcium et le Magnésium sont deux éléments importants du sol, non Seulement parce que de nombreux caractères et propriétés de celui-ci dépendent de la teneur que l'un et l'autre y présentent, mais aussi parce qu'ils sont indispensables pour le développement des micro-organismes et de la végétation (participent aux équilibres cationiques indispensables au bon fonctionnement du métabolisme végétal) (Boyer, 1978).

Le calcium rend le milieu favorable aux microorganismes du sol, agents de la décomposition de la matière organique, de l'humification de la minéralisation et la fixation symbiotique, donc le calcium est disponible pour la croissance des plantes (Znaidi, 2004).

Le magnésium entre dans la formation de chlorophylle (Boyer, 1978).

14.11.3. Phosphore

L'histogramme (Fig.15) nous fait voir qu'il y'a une augmentation de la quantité de P_2O_5 entre le début et la fin de compostage dans les deux réacteurs, et la différence est beaucoup plus montrée dans le compost (PAP 1) que le compost (PL 2) (Voir tab.25).

Tableau 25. Les moyennes \pm SD de P_2O_5 .

Déchets	Fiente de pigeon	Sol	Début de compostage		Fin de compostage	
			PAP	PL	PAP	PL
Moyenne	13,72	2,08	9,456	2,057	14,004	0,720
SD\pm	0,000	0,000	0,000	0,060	17,297	2,980

Le tab MANOVA montre une influence non significatif de type de déchet sur le taux de P_2O_5 ($p=0.240$) au cors de temps (voir tab 26).

Tableau 26. Résultats de test MANOVA pour le variable P_2O_5

P_2O_5	df	F	P
Effet de traitement	1	2,139	0,240
Temps de traitement	1	14,513	0,032

D' après sall (2014) le phosphore constitue un élément essentiel résultant de la décomposition de la matière organique, plus la matière organique est minéralisée, plus la teneur en P augmente.

Le phosphore n'est pas volatil et est beaucoup moins sujet au lessivage que l'azote à cause de son caractère peu mobile (Khalil *et al.*, 2008).

15. Les paramètres biologiques

15.1. Résultat du dénombrement des bactéries et des champignons

15.1.1. Flore totale mésophyles

Nous avons dénombré la flore totale dans le compost PAP et PL avant et après traitement par compostage, et dans le sol et fiente de pigeon.

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 27. Les moyennes \pm SD de dénombrement de flore totale mésophiles

Déchets	fiente de pigeon	Sol	Début de compostage		Fin de compostage	
			PAP	PL	PAP	PL
Moyenne	$1,200 \times 10^7$	$7,250 \times 10^5$	$1,300 \times 10^7$	$2,650 \times 10^6$	$1,048 \times 10^6$	$8,000 \times 10^5$
SD\pm	0,000	$6,364 \times 10^4$	$8,165 \times 10^5$	$7,593 \times 10^5$	$6,075 \times 10^5$	$6,582 \times 10^4$

Nous avons observés dans (tab.27) les colonies de flore totale mésophiles au début du processus de compostage dans les échantillons ($1,200 \times 10^7 \pm 0,000$ UFC/g) dans la fiente, ($7,250 \times 10^5 \pm 6,364 \times 10^4$ UFC/g) dans le sol et ($1,300 \times 10^7 \pm 8,1650 \times 10^5$ UFC/g) dans le compost PAP, ($2,650 \times 10^6 \pm 7,593 \times 10^5$ UFC/g) dans le compost PL.

Nous avons enregistré la diminution de la flore totale après le traitement ($1,048 \times 10^6 \pm 6,075 \times 10^5$ UFC/g) dans le compost PAP, ($8,000 \times 10^5 \pm 6,582 \times 10^4$ UFC/g) dans le compost PL).

L'analyse de MANOVA (tab.28) montre qu'il y a un effet significatif du traitement par compostage sur la flore totale mésophiles ($p = 0,000$).

Tableau 28. Résultats de test MANOVA pour le variable flore totale mésophiles

Flore totale mésophiles UFC/g	Df	F	P
Effet de traitement	1	358,992	0,000
Temps de traitement	1	326,239	0,000

15.1.2. Les Coccis gram positif

Nous avons dénombré les coccis gram + dans le compost PAP et PL avant et après traitement par compostage, et dans le sol et fiente de pigeon.

Les résultats sont regroupés dans le tableau 29.

Tableau 29. Les moyennes \pm SD de dénombrement des cocci gram + UFC/g.

Déchets	fiente de pigeon	Sol	Début de compostage		Fin de compostage	
			PAP	PL	PAP	PL
Moyenne	$4,050 \times 10^6$	0,000	$3,600 \times 10^6$	$1,575 \times 10^6$	0,000	00,000
SD \pm	$7,071 \times 10^4$	0,000	$5,477 \times 10^5$	$6,1305 \times 10^5$	0,000	00,000

Nous avons observé dans (tab.29) le nombre des coccis gram + au début du processus de compostage dans les trois échantillons: PAP ($3,600 \times 10^6 \pm 5,477 \times 10^5$), PL ($1,575 \times 10^6 \pm 6,130 \times 10^5$), et le fiente ($4,050 \times 10^6 \pm 7,071 \times 10^4$).

D'autre part, nous avons observé l'absence totale des cocci gram + dans le sol.

Par ailleurs, après le traitement nous observons l'absence complète des cocci gram + dans les deux composteurs PAP et PL.

L'analyse de MANOVA (tab.30) montre qu'il y a un effet très significatif du traitement par compostage sur les Cocci gram + ($p = 0,000$).

Tableau 30. Résultats de test MANOVA pour *Cocci gram +*

Cocci gram + UFC/g.	df	F	p
Effet de traitement	1	431,399	0,000
Temps de traitement	1	24,270	0,000

15.1.3. *Shigelles et salmonelle*

Nous avons dénombré les salmonelles dans le compost PAP et PL avant et après traitement par compostage, et dans le sol et fiente de pigeon.

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 31. Les moyennes \pm SD de dénombrement des *Shigelles / salmonelle* UFC /g

Déchets	fiente de pigeon fraîche	Sol	Début de compostage		Fin de compostage	
			PAP	PL	PAP	PL
Moyenne	$3,200 \times 10^6$	0,000	$3,400 \times 10^6$	0,000	0,000	00,000
SD\pm	$1,414 \times 10^5$	0,000	$2,828 \times 10^5$	0,000	0,000	00,000

D'après (tab.31). Nous remarquons que la moyenne est plus élevée pour *salmonelles* et *shigelles* dans le fiente de pigeon ($3,200 \times 10^6 \pm 1,4142 \times 10^5$ UFC/g) et le compost PAP ($3,400 \times 10^6 \pm 2,8284 \times 10^5$ UFC/g) avant le traitement.

D'autre part, nous avons observé l'absence totale de *salmonelles* et *shigelles* dans le sol et le compost PL.

Par ailleurs, après le traitement nous observons l'absence complète de *Salmonelles* et *shigelles* dans le compost PAP.

L'analyse de MANOVA montre qu'il y a un effet significatif du traitement par compostage sur le genre de salmonelle ($p = 0,000$) (voir tab.32).

Tableau 32. Résultats de test MANOVA pour le variable *Shigelles et salmonelle*

Shigelles et salmonelle UFC/g	df	F	P
Effet de traitement	1	578,000	0,000
Temps de traitement	1	578,000	0,000

15.1.4. Les entérobactéries

Nous avons dénombré les entérobactéries dans le compost PAP et PL avant et après traitement par compostage, et dans le sol et fiente de pigeon.

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 33. Les moyennes \pm SD de dénombrement d'entérobactéries UFC/g.

Déchets	fiente de pigeon	Sol	Début de compostage		Fin de compostage	
			PAP	PL	PAP	PL
Moyenne	$4,450E \times 10^6$	0,000	$4,325 \times 10^6$	0,000	00,000	00,000
SD\pm	$7,0711 \times 10^4$	0,000	$4,991 \times 10^5$	0,000	00,000	00,000

Nous avons observé dans (tab.33) le nombre d'entérobactéries au début du processus de compostage, dans le compost PAP ($4,450 \times 10^6 \pm 7,0711 \times 10^4$ UFC/g) et dans le fiente ($4,325 \times 10^6 \pm 4,9917 \times 10^6$) UFC/g).

D'autre part, nous avons observé l'absence totale d'entérobactéries dans le sol et le compost PL.

Nous avons enregistré la disparition totale d'entérobactéries après le traitement.

L'analyse de MANOVA (tab.34) montre qu'il y a un effet très significatif du traitement par compostage sur les entérobactéries ($p = 0,000$).

Tableau 34. Résultats de test MANOVA pour le variable d'entérobactéries.

Entérobactéries UFC/g	Df	F	P
Effet de traitement	1	300,291	0,000
Temps de traitement	1	300,291	0,000

Au début de compostage on observe une diminution de l'activité biologique dans le compost PL, au contraire il ya une croissance dans le compost PAP.

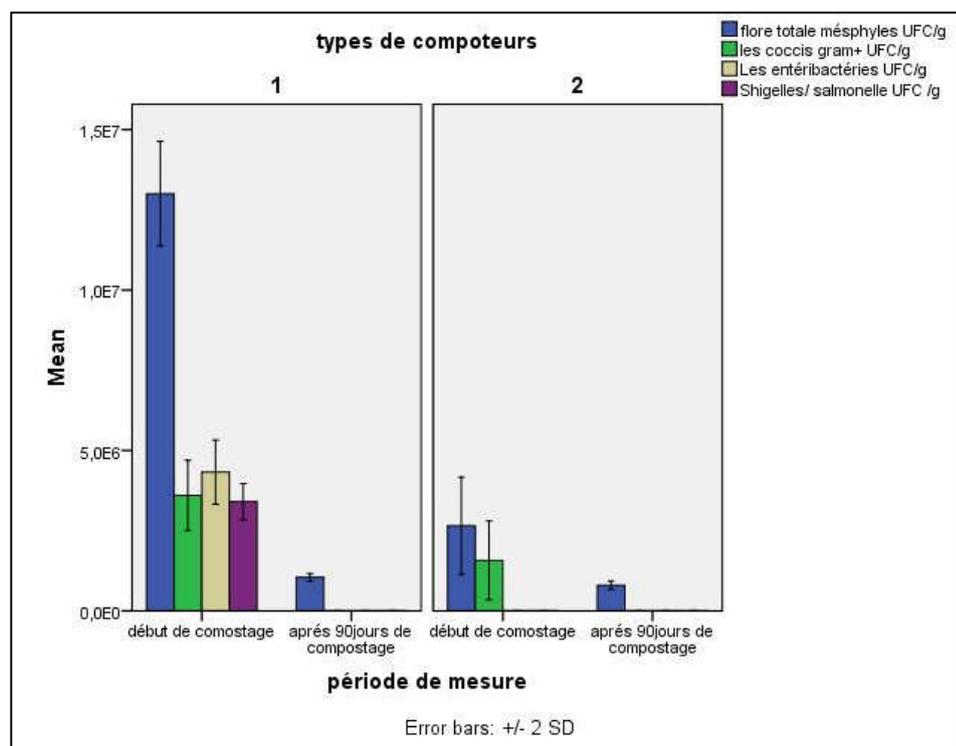


Figure 16. Histogramme montre l'évolution des moyennes de nombre des bactéries au cours du compostage, Shigeles / Salmonelles, Coccis gram +, Flore totale mésophile et Entérobactéries.

Ces résultats peuvent être expliqués selon Lung *et al.* (2001) la diminution du nombre de microbes peut être due à l'accumulation de produits toxiques et à un environnement de croissance défavorable.

La croissance des bactéries disparaît complètement à la fin du traitement, selon Malik (2007) est expliquée par la teneur en nutriments où la composition.

Par exemple *staphylocoques*, *salmonelle-shigelle* utilisent les nutriments qui sont aussi utilisés par d'autres bactéries, la concurrence sera donc importante.

Sidhu *et al.* (2001) ont montré que la population bactérienne a connu une diminution progressive quand les substrats diminuent, et avec la maturité de compostage.

15.1.5. Champignons

Nous avons dénombré les champignons dans le compost PAP et PL avant et après traitement par compostage, et dans le sol et fiente de pigeon fraîche.

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 35. Les moyennes± SD de dénombrement de champignons

Déchets	fiente de pigeon	Sol	Début de compostage		Fin de compostage	
			PAP	PL	PAP	PL
Moyenne	$5,100 \times 10^4$	0,000	$1,300 \times 10^5$	$9,500 \times 10^4$	0,000	0,000
SD±	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Nous avons observés dans (tab.35) le nombre des champignons au début du processus de compostage dans les trois échantillons ($1,300 \times 10^5 \pm 0,000$) dans le compost PAP, ($9,500 \times 10^4 \pm 0,000$) dans le compost PL ($5,100 \times 10^4 \pm 0,000$) dans la fiente fraîche.

D'autre part, nous avons observé l'absence des champignons dans le sol.

Par ailleurs, après le traitement nous observons l'absence complète des champignons dans les 2 composteurs PAP et PL.

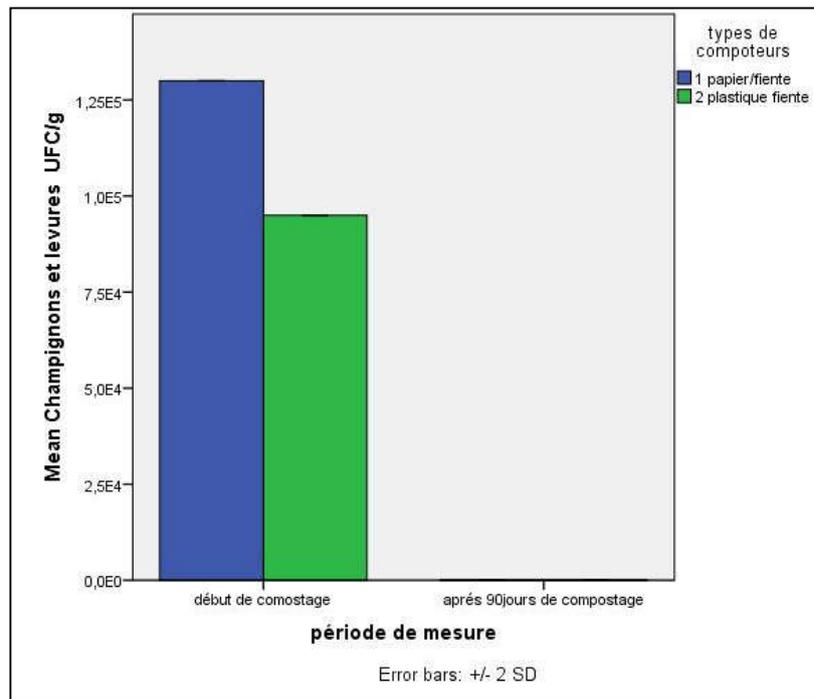


Figure 17. Évolution des moyennes du nombre des champignons au cours du compostage.

Les levures et moisissure disparaît complètement à la fin du traitement les résultats sont représentés dans la figure 17.

Ces résultats sont en accord avec le travail de Ramdani (2015).

À la fin du processus de compostage, l'activité biologique a diminué, probablement en raison du manque d'éléments nutritifs. Cela indique la stabilité du compost (Ryckeboer *et al.*, 2003).

15.2. Evolution des microorganismes pathogènes

15.2.1. Les entérobactéries

Nous avons obtenu des colonies de tailles variables (petite et moyenne) de couleur rose de forme circulaire (fig.18), avec un bord régulier.



Figure 18 . Aspect des colonies d'entérobactéries sur milieu Mac ConKey (Dilution 10^{-1}).

15.2.2. *Shigelles et salmonelle*

Nous avons observé des colonies incolores à centre noir, le centre noir est du à la production de sulfure d'hydrogène (H₂S), de forme circulaire et de taille moyenne ou grande (fig.19).

L'examen microscopique montre que les colonies isolées sur le milieu SS sont des bacilles à Gram négatif (fig.20).



Figure 19. Aspect des colonies de *Shigelles et salmonelle* sur milieu SS (Dilution 10⁻²).

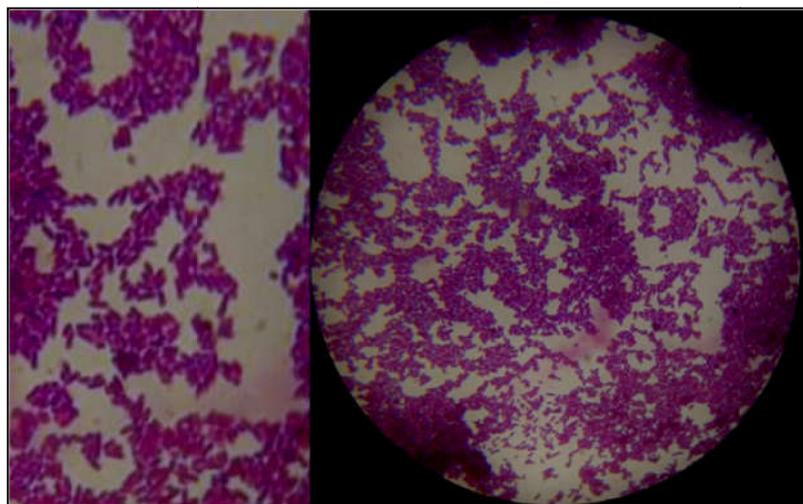


Figure 20. Bacille à Gram négatif sous microscope (GR×1000).

15.2.3. Les cocci à Gram positif

Après ensemencement sur le milieu de Chapman, nous avons observé des colonies caractéristiques, jaune, de taille variables (petite, moyenne) avec virage du milieu en jaune, ce qui signifie la fermentation du mannitol (fig.21).

- La coloration de Gram révèle de bactérie : des Gram +.
- L'observation microscopique a révélé que les colonies isolées sur le milieu Chapman sont des coques à Gram positifs (Fig.22).

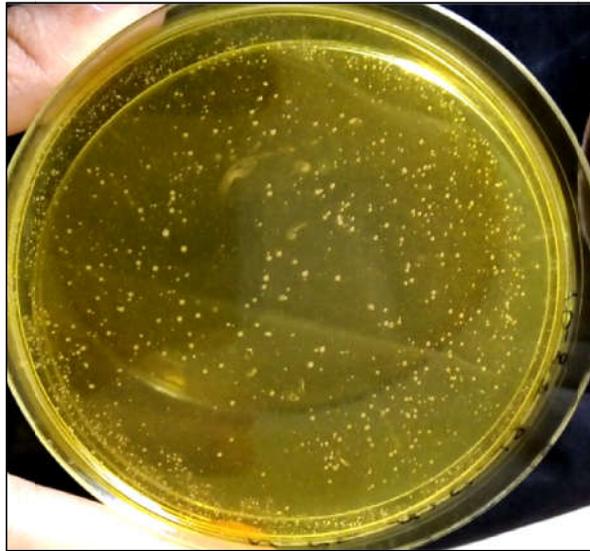


Figure 21. Aspect des colonies des cocci Gram positif sur milieu Chapman (Dilution 10-1).

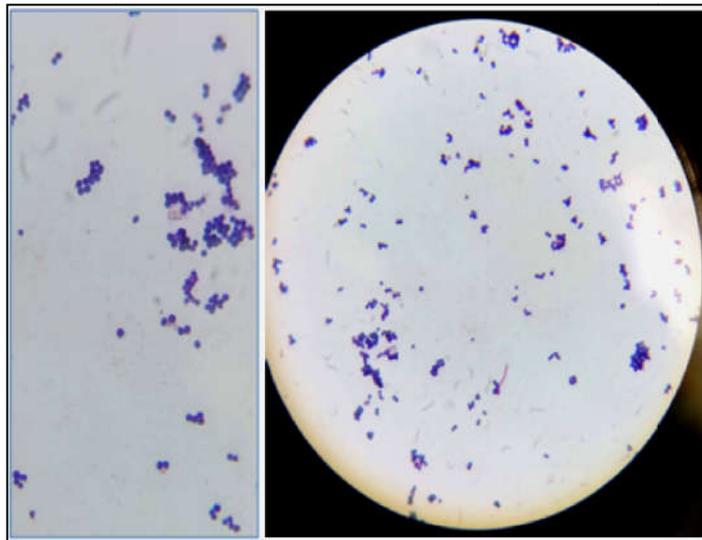


Figure 22. Cocci Gram positif en amas (GR×1000).

15.2.3.1. Test de Catalase

Les bactéries possédant l'enzyme catalase peuvent transformer le peroxyde d'hydrogène, H_2O_2 (toxique), en H_2O et O_2 , lequel est dégagé sous forme de gaz et entraîne la formation de bulles. On les dit « catalase + » (fig. 23).

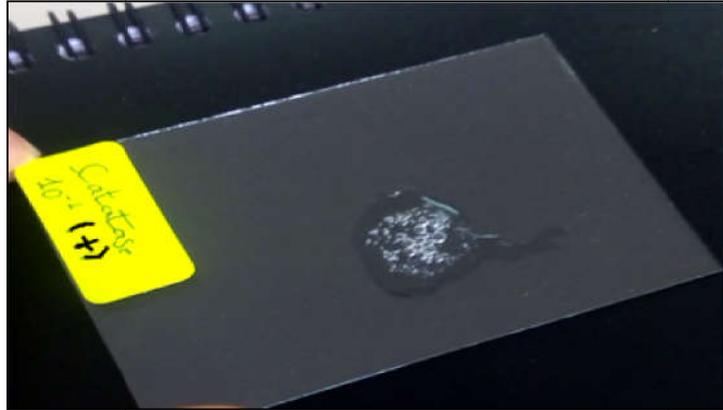


Figure 23. Photo de la production de catalase par les cocci à Gram positif.

15.3. L'identification de la mycoflore du compost

Après l'incubation pendant 7 jours, des différentes colonies ont été apparues dans les boîtes ensemencées.

Ces colonies sont cotonneuse, duveteuses et veloutées ; elles ont des tailles varies (de petit jusqu'au très grand), les couleurs sont de blanc, vert, orange, gris et noir, beige. C'est ce qui nous conduit à des conjectures en certains espèces fongiques qui ont des caractéristiques macroscopiques similaires a nos résultats qui sont : *Rhizomucor* sp, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Aspergillus* sp et *Penicillium* sp

Tableau36. Les boîtes après incubation 7j

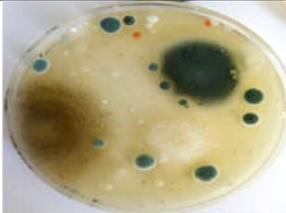
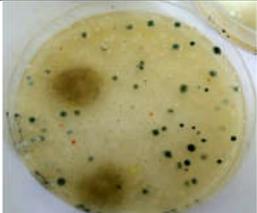
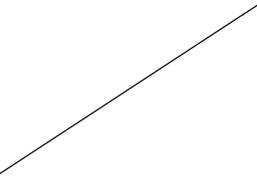
	Solution mère 10^{-1}	Solution diluée à 10^{-2}
PL D		
PAP D		
Fiente		
Sol		

Tableau 37. Etude Macroscopique des souches fongiques isolées à partir du la phase initiale de compostage

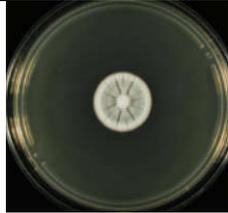
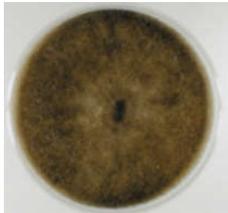
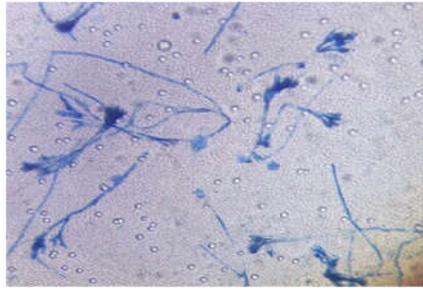
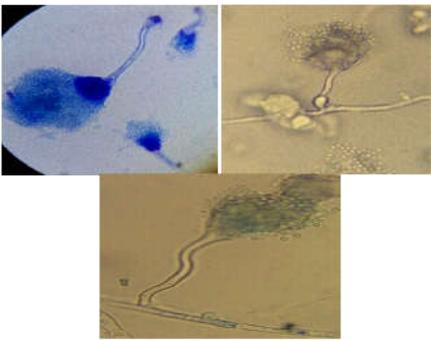
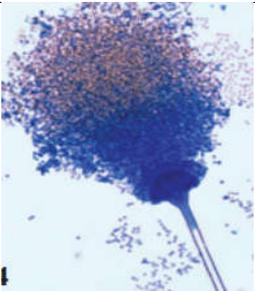
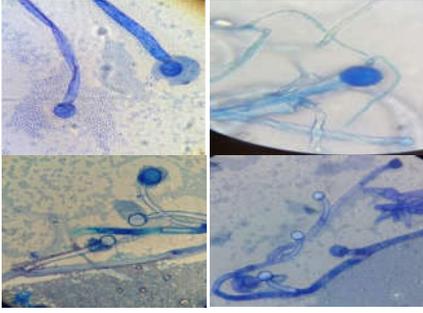
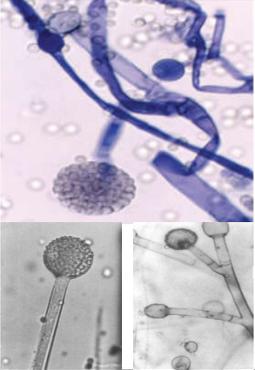
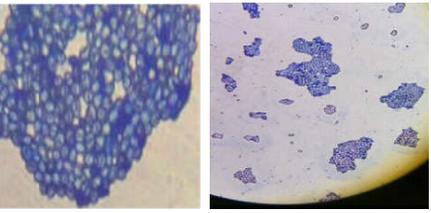
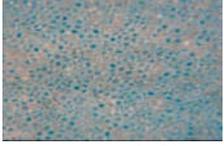
<u>Colonie</u>	<u>Description</u>	<u>Les sp</u>	<u>Photos des sp</u>
	<p>Couleur : blanc et gris au centre</p> <p>Consistance : veloutée</p> <p>Taille : petite (5mm)</p> <p>Forme du contour : filamenteux</p> <p>Aspect de La surface : plissée</p>	<p>S1</p> <p><i>penicillium expansum</i></p>	 (Chabasse <i>et al.</i> , 2002)
	<p>Couleur : noir</p> <p>Consistance : cotonneuse</p> <p>Taille : grande (45mm)</p> <p>Forme du contour : filamenteux</p> <p>Aspect de La surface : plane</p>	<p>S2</p> <p><i>Rhizomucor pusillus</i></p>	 (Chabasse <i>et al.</i> , .2002)
	<p>Couleur : beige</p> <p>Consistance : cotonneuse</p> <p>Taille : grande (40mm)</p> <p>Forme du contour : filamenteux</p> <p>Aspect de La surface : plane</p>	<p>S3</p> <p><i>Aspergillus terreus</i></p>	 (Chabasse <i>et al.</i> , 2002)
	<p>Couleur : orange, rouge saumon</p> <p>Consistance : duveteuse</p> <p>Taille : très petite (≤ 3mm)</p> <p>Forme du contour : régulier</p> <p>Aspect de La surface : bombé</p>	<p>S4</p> <p><i>Rhodotorula mucilaginosa</i></p>	 (Chabasse <i>et al.</i> , 2002)

Tableau 38. Etude Macroscopique des souches fongiques isolées à partir du la phase initiale de compostage

<u>Colonie</u>	<u>Observation microscopique</u>	<u>Description</u>	<u>Les Sp</u>	<u>Photos des sp</u>
		<p>Thalle : cloisonné</p> <p>Conidies : simple ou ramifiée</p> <p>Sporocystes : rondes ou ovoïdes, hyalines ou pigmentées, lisses ou échinulées</p>	<p>S1 <i>penicillium expansum</i></p>	 (Kidd <i>et al.</i> , 2016) (Mouria <i>et al.</i> , 2013).
		<p>Thalle : cloisonné</p> <p>Conidiophore : lisse, incolore</p> <p>Conidies : globuleuses, lisse</p> <p>Tête aspergillaire : bisériée, en colonne évasée</p>	<p>S2 <i>Aspergillus terreus</i></p>	 (Saha <i>et al.</i> ,2014) (Chabasse <i>et al.</i> , .2002)
		<p>Thalle : non cloisonné</p> <p>Conidies : globuleuses</p> <p>Sporocystes : globuleux</p>	<p>S3 <i>Rhizomucor pusillus</i></p>	
		<p>Levure ovoïde ou allongée</p>	<p>S4 <i>Rhodotorula mucilaginosa</i></p>	 (site web 2) (Labiod <i>et al.</i> , 2015)

15.4. Respiration basale

Au cours de notre essai nous avons mesuré la respiration basale des échantillons dans les deux composteurs PAP et PL avec des moyennes de taux du CO₂ ($366.850 \pm 38,68 \mu\text{g/g.ps}$) et ($271.975 \pm 51,60 \mu\text{g/g.ps}$) respectivement, Les valeurs de taux du CO₂ sont plus élevée dans le produit final du composteur PAP ($594,00 \mu\text{g/h.ps}$) et valeur minimale ($44,00 \mu\text{g/h.ps}$) dans composteur PL.

La RB de le fiente est ($123,20 \mu\text{g/h.ps} \pm 8,800$) et du sol ($44,00 \mu\text{g/h.ps} \pm 0,00$).

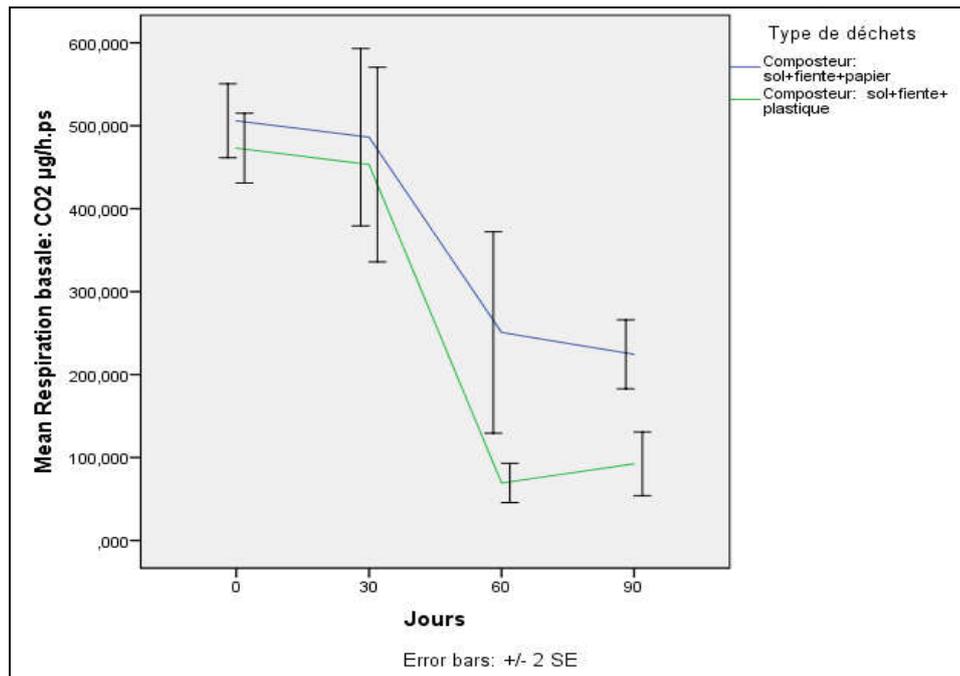


Figure 24. Courbe présente l'évolution des moyennes respirations basales au cours de compostage.

La courbe montre que l'activité respiratoire diminue au fur et à mesure que vieillit le compost.

Le tab MANOVA montre une influence très significatif de type de déchet sur la respiration ($p=0.002$) (Voir tab.39).

Tableau 39. Résultats de test MANOVA pour le variable Respiration basale.

RB	df	F	P
Effet de traitement	1	12,131	0,002
Temps de traitement	3	46,198	0,000

Selon Amir (2005) la biomasse microbienne et la respiration basale diminuent avec l'âge du compost.

Un compost immature est caractérisé par une demande en O_2 et un taux de production de CO_2 importants, dus à une intense activité microbienne provoquée par la forte biodégradabilité des substrats, contrairement à un compost mature, plus stable et moins actif (Albrecht, 2007).

15.5. Respirations induites par le substrat

Au cours de notre essai nous avons mesuré la respiration induit par substrat des échantillons dans les deux composteurs PAP et PL avec des moyennes de taux du CO_2 ($231,550 \mu\text{g/g.ps} \pm 40,59$) et ($161,150 \mu\text{g/g.ps} \pm 34,71$) respectivement, Les valeurs de taux du CO_2 sont plus élève dans le produit final du composteur PAP CO_2 ($572,00 \mu\text{g/h.ps}$) et valeur minimale ($8,800 \mu\text{g/h.ps}$) dans composteur PL.

La SIR de le fiente est ($22,00 \mu\text{g/h.ps} \pm 4,4$) et du sol ($26,4 \mu\text{g/h.ps} \pm 0.00$).

La courbe montre que l'activité respiratoire diminue au fur et à mesure que vieillit le compost

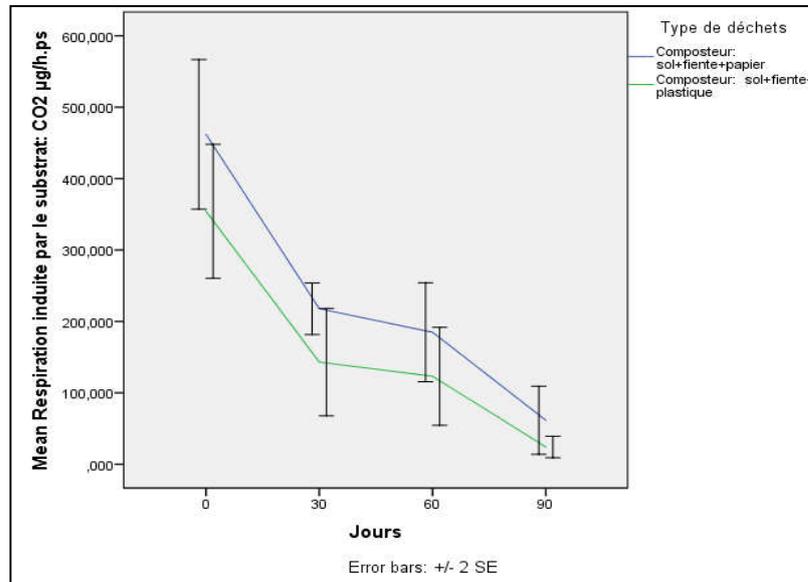


Figure 25. Courbe présente l'évolution des moyennes respirations induites par le substrat au cours de compostage.

Le tab MANOVA montre une influence significatif de type de déchet sur la respiration ($p=0.002$) (voir tab.40).

Tableau 40. Résultats de test MANOVA pour le variable respiration induite par le substrat

SIR	df	F	P
Effet de traitement	1	8,192	0,002
Temps de traitement	3	38,806	0,000

Le résultat de Aira *et al.* (2007) indique que la réduction de la biomasse microbienne mesurée par SIR lors de la décomposition reflète l'activité de la biomasse microbienne.

La diminution du taux de la respiration au cours de traitement pourrait s'expliquer par une activité faible de la communauté microbienne (Ros *et al.*, 2003).

16. Résultats du test de compost sur les vers de terre

Les vers de terre qu'on a mis dans le compost PAP ont survécu trois jours, alors que dans le compost PAL se sont éclatés.

Les résultats de ce test portant sur les vers de terre sont présentés dans (Fig 26).



Figure 26. Résultat de test de toxicité sur les vers de terre.

17. Résultats et discussion du test de germination

Nous avons fait un test de phytotoxicité sur les deux types de composts PAP et PL par l'utilisation de cresson (*Lipidum sativum*), et nous avons mesuré les valeurs des paramètres de phytotoxicité tel que : RRG, RSG, IG, AF (%).

Le tableau suivant (tab.41) représente les moyennes avec leurs déviations standards des paramètres de phytotoxicité (RRG, RSG, IG, AF (%)) de composts PAP et PL.

Tableau 41. les moyennes \pm SD de les variables : RRG, RSG, IG, AF(%)

Variable dépendante	Type de compost	Moyenne	SD
RRG%	PAP	57,1310	$\pm 0,82919$
	PL	51,6998	$\pm 0,83881$
RSG%	PAP	95,1613	$\pm 1,07527$
	PL	88,4409	$\pm 1,02949$
IG%	PAP	54,3608	$\pm 0,39899$
	PL	45,7190	$\pm 0,49994$
AF%	PAP	45,6392	$\pm 0,49996$
	PL	54,2810	$\pm 0,39899$

Nous avons observé que les extraits de compost de (PAP) ont une action phytotoxiques faible ($45,6392 \pm 0,49996$) et des RRG ($57,1310 \pm 0,82919$), RSG ($95,1613 \pm 1,07527$), IG ($54,3608 \pm 0,39899$) plus élevée.

Alors que les extraits de compost de (PL) a un effet phytotoxique élevé ($54,2810 \pm 0,39899$) et des RRG ($51,6998 \pm 0,83881$), RSG ($88,4409 \pm 1,02949$), IG ($45,7190 \pm 0,49994$) faible.

Tableau 42. Résultats de test MANOVA pour les variables RRG, RSG, IG, AF %

		Df	F	P
Effet de traitement	RSG	1	84,815	0,000
	RRG	1	81,522	0,000
	IG	1	730,157	0,000
	AF	1	730,116	0,000

Le tab MANOVA montre une influence très significatif ($p=0.000$) de type de déchet (l'extrait de compost PAP) sur le RRG, RSG, IG% et t (l'extrait de compost PL) sur le AF % (voir tab.42).

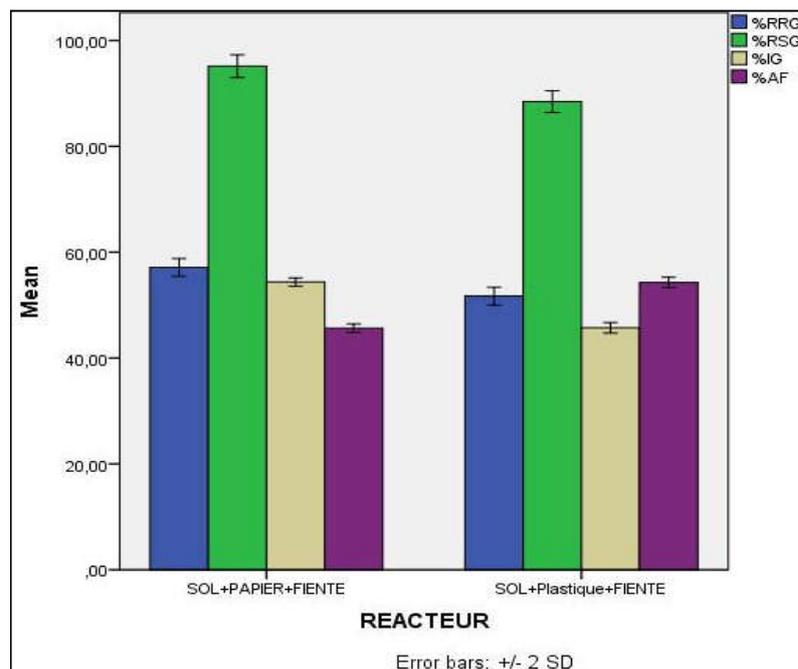


Figure 27. Histogramme montre l'évolution de croissance racinaire relative (%), l'index de germination (%) et la croissance relative des racines (%).

Les résultats obtenus montrent que le compost (PAP) n'a pas un effet phytotoxique sur la germination des grains de cresson ($AF < 50\%$) alors que le compost (PL) a un effet phytotoxique ($AF > 50\%$).

Donc, les extraits de compost de (PAP) a des effets positifs sur la germination des grains et le développement des racines aux contraire de les extraits de compost de (PL).

Un indice de germination (GI) de 50% est reconnu comme étant celui d'un compost sans effet phytotoxique (Chikae *et al.*, 2007).

Différents auteurs Wu *et al.* (2000) et Wang *et al.* (2004) ont attribué l'augmentation de l'IG à la forte réduction des substances toxiques.

En général, en raison de la variation des matières premières, un compost stable peut nécessiter plus de temps pour décomposer les substances phytotoxique (Wu *et al.* 2000).

Conclusion

Conclusion

Dans notre essai, nous avons appliqué la technique de compostage en bâche sur un type de déchets ménagère :

- Papiers et des sacs en plastique comme une source de carbone.
- La fiente de pigeons comme une source de l'azote.

Pendant une durée de traitement de 90 jours.

Nous avons fait une comparaison entre les paramètres physico-chimique et biologique du deux composteurs PAP et PL. ($T^{\circ}\text{C}$, pH, CE, H%, MO%, CO%, COD, N_{tot} , NH_3^{+} , Mg, Ca, phosphore, flore microbienne et fongique) sur le produit final nous avons réalisé test de phytotoxicité afin d'évaluer la qualité et la maturité du compost.

Nous avons observé que pour ces caractéristiques physico-chimiques et biologique ont changés au cours du temps de compostage. Ainsi, l'étude statistique montre qu'il existe des variations significatives.

Le compost issu des deux types de traitement est riche en élément minéraux, pH et CE adéquats, matière organique stable et disparition de la flore microbienne pathogènes comme les entérobactéries, cependant. Le composte PAP reste est le plus efficace pour la croissance des plantes à cause de IG plus élevée par apport au compost PL, la présence du plastique à diminuer la fertilité de ce compost.

Nous avons conclu que le compostage est une alternative amie de l'environnement, qui permet de transformer biologiquement les biosolides, stabiliser la matière organique et réduit le risque potentiel des agents pathogènes et peut être appliqué sainement sur les terres agricoles comme bioengrais.

En perspectives, nous avons suggéré pour d'autre étude ultérieure dans le même thème :

- ✓ Un temps de traitement plus long que 90 jours.
- ✓ L'utilisation des autres grains pour réaliser le test de phytotoxicite.
- ✓ La mesure d'autres paramètres physico-chimiques et biologique (fumigation, dosage de métaux lourde, l'activité enzymatique).

Bibliographie

Bibliographie

A

- Aboulam S. 2005. Recherche d'une méthode d'analyse du fonctionnement des usines de tri-compostage des déchets ménagers. Fiabilité des bilans matière. Doctoral dissertation.
- Addou A.2009. Traitement des déchets: valorisation, élimination. Ellipses.
- Aira M., Monroy F., Dominguez J. 2007. *Eisenia fetida* (Oligochaeta: Lumbricidae) Modifies the structure and physiological capabilities of microbial communitiesimproving carbon mineralization during vermicomposting of pig manure. *MicrobialEcology*54:662-671
- 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 (Doctoral dissertation, Université de droit, d'économie et des sciences-Aix-MarseilleIII).
- Amir S., Hafidi M., Merlina G., Revel J C.2005. Sequential extraction of heavy metals during composting of sewage sludge. *Chemosphere* 59(6):801-10
- Anderson J. P. 1982. Soil respiration. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilan2)*, 831-871.
- Asnoue M.2017. Optimisation de la gestion des déchets ménagers dans quelques villes de l'Ouest algérien. Thèse de doctorat.
- Azim K., Soudi B., Boukhari S., Perissol C., Roussos S., Alami I. 2018. Composting parameters and compost quality: a literature review. *Organic Agriculture*, 8(2): 141-158

B

- Bayard R., Gourdon R. 2007. Traitement biologique des déchets. *Techniques de l'Ingénieur* 3966 :1-23p.

- Bayard R., Gourdon R., Thiery L. 2001. Aide à la définition des déchets dits biodégradables, fermentescibles, méthanisables, compostables. Rapport final, Association RECORD, Contrat n 00-0118 A, 1, 2001.
- Ben Ayed H ., Jedidi N. 2005. .Caractérisation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours d'un cycle de compostage d'ordures ménagères. Sciences et Techniques No4, 4-11 p.
- BREMNER JM, MULVANEY CS, (1982). Nitrogen-total. Dans : Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, 2nd edn (Eds Page.L, Miller R.H. and Keeney D.R.), pp. 595-624. Madison, WI: American Society of Agronomy.
- Boyer J. 1978. Le calcium et le magnésium dans les sols des régions tropicales humides et sub-humides. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.

C

- Chabasse D., Bouchara JP., De Gentile L., Brun S., Cimon B., Penn P. 2002. Les moisissures d'intérêt médical. Cahier de formation BIOFORMA 25 (160).p. 19.
- Chennaoui M., Salama Y., Makan A., Mountard M. 2016. Compostage en cuve des déchets ménagers et valorisation agricole du compost obtenu. Algerian journal of arid environment 53 (6):53-66
- Chikae M., Kerman K., Nagatani N., Takamura Y., Tamiya E. 2007. An electrochemical on-field sensor system for the detection of compost maturity. Analytica chimica acta, 581(2) : 364-369.

D

- Damien A. 2004. Guide du traitement des déchets. Paris: Dunod.
- David E., Kidd S., Halliday C L., Alexiou H. 2016. Descriptions of medical fungi.

- Debril J., Matrat R., Haury J. 2005. Gestion des déchets de Jussie par le compostage. DIREN des Pays de la Loire, UMR INRA Agrocampus EQHC, Rennes, p.37.

E

- Elherradi E., Soudi B., Chiang C., Elkacemi K. 2005. Evaluation of nitrogen fertilizing value of composted household solid waste under greenhouse conditions. *Agronomy for Sustainable Development* 25(2):169-175
- Epstein E. 1997. The science of composting. Technomic Publishing Company Inc. Lancaster, PE, USA.

F

- Faverial J. 2016. Compostage et Vermicompostage des effluents d'élevage: une alternative durable pour le recyclage des déchets d'origine animale. Doctoral dissertation, Antilles.
- Fels L. 2014. Suivi physico-chimique, microbiologique et ecotoxicologique du compostage de boues de step mélangées à des déchets de palmier : validation de nouveaux indices de maturité. Thèse de doctorat d'état, Institut National Polytechnique de Toulouse, 295p.
- Franco 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 d'état. Dissertation, Institut national agronomique Paris- Grignon, France. 288 p.
- Fuchs J., Galli K., Schleiss., Wellinger A. 2001. Directive de l'ASIC : Caractéristiques de qualité des composts et des digestats provenant du traitement des déchets organiques. Document élaboré par Association Suisse des installations de compostage (ASIC) en collaboration avec le Forum Biogaz Suisse. CH-3322, Schönbühl, 11p.

G

- Garnier F., Denis F. 2007. Bactériologie médicale : Techniques usuelles : Cocci à Gram positif. Masson 29 :251-254
- Ghiti H., Ouahrani G., Salutiano M. Perezb D. 2016. Effects of Epigeic Earthworms, *Eisenia fetida* on Carbon and Nitrogen during Vermicomposting of Fresh Bio-waste, Basic and Applied Research (IJSBAR) ,vol 27, No 2, 148 p.
- Ghiti H., Ouahrani G., Salutiano M. 2014. Evaluation of microbial catabolic patterns and substrate induced respiration in various vermicomposting designs of organic waste by *Eisenia fetida*. Annals of Biological Research 5: 52-57
- Grigatti M., Ciavatta C., Gessa C., 2004. Evolution of organic matter from sewage sludge and garden trimming during composting. *Bioresource Technology* **91**, 163- 169.

H

- Hassen A., Belguith K., Jedidi N., Cherif A., Cherif M., Boudabous A. 2001. Microbial characterization during composting of municipal solid waste. *Bioresource technology*, 80(3): 217-225.
- Hoekstra N.J., Lantinga E. 2002. Effects of cattle dung from farms with different feeding strategies on germination and initial root growth of cress (*Lepidium sativum* L.). *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93: 189 p.

I

- ITDAS. 2014. Dosage de phosphore assimilable.
- ITDAS. 2014. Dosage du Ca^{++} et Mg^{++} methode volumetrique DTA.

J

- Journal officiel de la république algérienne. 2001. Chapitre : du développent du système d'information économique sur les P.M.E. n° 77. Imprimerie officielle. Alger.8p.

K

- Kalamdhad A.S et Kazmi A.A. 2009. Effects of turning frequency on compost stability and some chemical characteristics in a rotary drum composter. *Chemosphere*, 74(10), 1327-1334.
- Keeney et Nelson.1982. Nitrogen—Inorganic Forms 1. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilan2), 643-698.
- Khalil A., Domeizel M., Prudent P. 2008. Monitoring of green waste composting process based on redox potential. *Bioresource technology* 99 : 6037-6045.
- KHODJA F et ABOUBEKR.D. *Etude sur la valorisation énergétique par conversion Biomasse de boues résiduaires urbaines—cas de la station d'épuration ONA-Tlemcen*, Doctoral dissertat
- Koledzi K.E. 2011. Valorisation des déchets solides urbains dans les quartiers de Lomé (Togo): approche méthodologique pour une production durable de compost (Doctoral dissertation, Limoges).

L

- Labiod F et Chaibras S. 2015. Isolement, identification et activité antibactérienne des moisissures d'un sol forestier à Constantine,p. 74.
- Larbi M. 2006. Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques (Doctoral dissertation, Université de Neuchâtel).
- Larsen, K. L. and D. M. McCartney. 2000. Effect of C:N ratio on microbial activity and N retention in benchscale study using pulp and paper biosolids. *Compost Science & Utilization*, 8, 2:147-159.
- Lashermes G. 2010. Evolution des polluants organiques au cours du compostage de déchets organiques: approche expérimentale et modélisation (Doctoral dissertation, AgroParisTech).
- Liang C., Das K. C., McClendon R.W. 2003. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresource technology*, 86(2), 131-137.

- Lung A., Lin C., Kim., Marshall M., Nordstedt R., Thompson N., Wei C. 2001. Destruction of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enteritidis* in cow manure composting. *Journal of food protection*. 64(9), 1309-1314.

M

- Malik A., 2007. Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth. *EnvironInt*33:122–138.
- Morel JL., Guckert A., Nicolardot B., Benistant D., Catroux G., Germon JC. 1986. Etude de l'évolution des caractéristiques physico-chimiques et de la stabilité biologique des ordures ménagères au cours du compostage. *Agronomie*, 6(8), 693-701.
- Mouria B., Ouazzani-Touhami A., Douira A. 2013. Isolement et identification de la mycoflore du compost des déchets urbains solides. *Nature & Technology*, (9),p.13.
- Mustin M. 1987. *Le compost, gestion de la matière organique*. Ed. François Dubux, Paris, 954p.

P

- PANG J., QIAO Y., SUN Z., ZHANG S., LI Y., ZHANG R. 2012. Effects of Epigeic Earthworms on Decomposition of Wheat Straw and Nutrient Cycling in Agricultural Soils in a Reclaimed Salinity Area: A microcosm study. *Pedosphere*, 22(5), 726-735
- Peres G. 2003. Identification et quantification in situ des interactions entre la diversité lombricienne et la macro-bioporosité dans le contexte polyculture bretonne influence sur le fonctionnement hydrique du sol. Thèse de doctorat d'état, Université de Rennes 1, 266p.

R

- Ramdani N. 2015. *Transformation de la matière organique au cours du co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : Approche expérimentale pour une production durable de compost*. Thèse de doctorat : Chimie. Oran: Université d'Ahmed Ben.
- Rorat A. 2015. Assessment of the vermicomposting process applied to sewage sludge by monitoring of the compost quality and immune responses of three

earthworm species: *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei* and *Dendrobaena veneta* (Doctoral dissertation, Lille 1).

- Ros M., Hernandez M.T., Garcia C .2003. Soil microbial activity after restoration of semiarid soil by organic amendments. *Soil Biology and Biochemistry* 35(3) : 463-469a
- RYNK, R., M. VAN DE KAMP, G. B. WILLSON, M. E. SINGLEY, T. L. RICHARD, J. J. KOLEGA, F. R. GOUIN, L. LALIBERTY JR., D. KAY, D. W. MURPHY, H. A. J. HOITINK, AND W. F. BRINTON,. 1992. The Composting Process, pp. 6{13, Characteristics of Raw Materials, pp. 106{113, in *On-Farm Composting Handbook*, edited by R. Rynk, , NRAES-54, Cornell University Press,Ithaca,NY
- Ryckeboer J., Mergaert J., Coosemans J., Deprins K., Swings J. 2003. Microbiological aspects of biowaste during composting in a monitored compost bin. *Journal of Applied microbiology* 94(1): 127-137.

S

- Saha S., Sengupta J., Chatterjee., Debapriya .2014.. *Rhodotorula mucilaginosa* keratitis: A rare fungus from Eastern India. *Indian journal of ophthalmology* 62(3), p. 341.
- Sall P. 2014. Étude du compost et du lixiviat obtenus par cocompostage des résidus agroalimentaires à la ferme.
- Sanchez-Monedero, M. A., A. Roig, C. Paredes, and M. P. Bernal. 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the rugers system and its effects on pH, EC, and maturity of the composting mixtures. *Bioresource Technology*, 78:301-308
- Sidhu J., Gibbs R. A., Ho G. E., Unkovich I. 2001. The role of indigenous microorganisms in suppression of *Salmonella* regrowth in composted biosolids. *WaterResearch*35:913-920
- STEGER, K., JARVIS, A., SMARS, S. & SUNDH, I. 2003. Comparison of signature lipid methods to determine microbial community structure in compost. *Journal of Microbiological Methods* 55, 371-382

- Stewar D., Cameron K., Cornforth.2000. Biol Fertil. 31: 128

T

- Tate K.R., Ross D.J., Feltham C.W. 1988. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. Soil Biology and Biochemistry, 20(3), 329-335.

V

- VILLAR, M.C., BELOSO, M.C., ACEA, M.J., CABANEIRO, A., GONZALEZPRIETO, S.J., DIAZ-RAVIÑA, M., CARBALLAS, T., 1993. Physical and chemical characterization of four composted urban refuses. Biores. Technol. 45, 105–113

W

- Wang P., Changa C., Watson M., Dick WA., Chen Y., Hoitink H.A. 2004. Maturity indices for composted dairy and pig manures. Soil Biol. Biochem. 36, 767–776
- Wu L., Ma LQ., Martnez GA .2000. Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. J Environ Qual 29:424–429

Y

- Yulipriyanto H. 2001. Emission d'effluents gazeux lors du compostage de substrats organiques en relation avec l'activité microbologique (nitrification/dénitrification) (Doctoral dissertation, Université Rennes 1).

Z

- Znaïdi A. 2002. Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes (Doctoral dissertation, Mediterranean Agronomic Institute of Bari).
- Zucconi F., Bertoldi M. 1987. Compost Specifications for the Production and Characterization of Compost from Municipal Solid Waste. In: De Bertoldi, M., Ferranti, M.P., L'Hermite, M.P. and Zucconi, F., Eds., Compost: Production, Quality and Use, Elsevier, London, 276-295.

Annexes

Annexe 1 : Composition des milieux de culture**Tableau I: Eaux physiologique**

Composant	Quantité
Chlorure de sodium	9 g
Eau distillée	1000 ml
pH=7,2	

Tableau II : Gélose Chapman

La formule théorique de ce milieu de culture en g/L d'eau purifiée est :

Composant	Quantité
Digestif pancréatique de caséine	5.0 g
Extrait de bœuf	1.0 g
Digestif peptique de tissu animal	5.0 g
Chlorure de sodium	75 g
Rouge de phénole	0,025 g
Agar	15 g
D-Mannitol	10 g
PH = 7.4±0.2 180 ml 2-8c°	

Tableau III : Gélose Mac conkey

Composant	Quantité
Peptone de caséine	3.0 g
Digestion pancréatique de gélatine	17.0 g
Lactose	10.0 g
Chlorure de sodium	5.0 g
Sels biliaires	1.5 g
Rouge neutre	0.03g
Agar	15.0 g
Cristal violet	0,001 g
Dissoudre 51.5 g dans un litre d'eau distillée, autoclaver 15 min à 121°C PH = 7,1 ± 0,2	

Tableau IV : Gélose Nutritif

Composant	Quantité
Peptone	5 g
Chlorure de sodium	5.0 g
Agar	15.0 g
Extrait de viande	1.0 g
Dissoudre 28,0 g dans un litre d'eau distillée, autoclaver 15 min à 121°C PH = 7,4 ± 0,2 à 25°C	

Tableau V : Gélose *Salmonella Shigella*

Composant	Quantité
Peptocomptexe	5.0 g
Extrait de bœuf	5.0 g
Sels biliaires n°3	5.0 g
Chlorure de sodium	8.5 g
Lactose	0,025 g
Agar	15 g
Citrate de sodium	8.5 g
Citrate ferrique (FeC ₆ H ₅ O ₇)	1.0 g
Rouge neutre	0.025 g
Vert brillant	0.0003 g
Thiosulfate de sodium (Na ₂ S ₂ O ₃)	8.5 g
PH = 7.4±0.2 180 ml 2-8c°	

Tableau VI : Milieu pomme de terre d'extrose agar (PDA)

Pomme de terre	200 g
Glucose	20 g
Agar	20 g
L'eau distille	1 L
Gentamicine	50 ppm

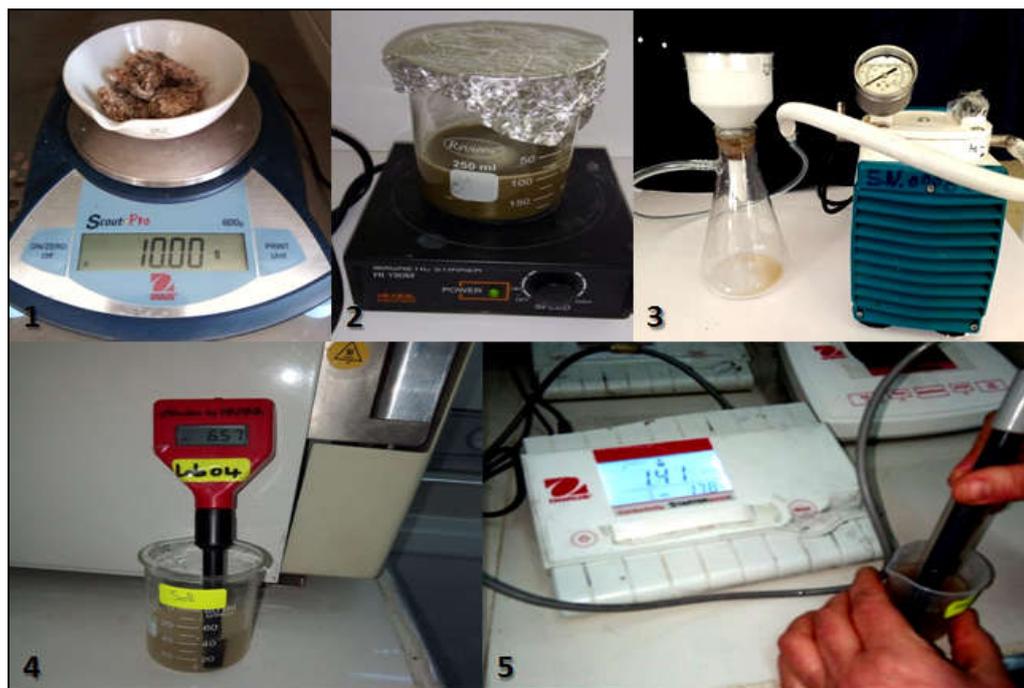


Annexe 2. Zone d'échantillonnage du sol et des vers de terre (ITDAS : institut technique de développement de l'agronomie saharienne) L'hadjeb Biskra.



Annexe 3. Préparation des compostières.

Mesure des paramètres physico-chimiques



Annexe 4. pH et conductivité.



Annexe 5. La matière organique (MO%).



Annexe 6. L'humidité (H%).



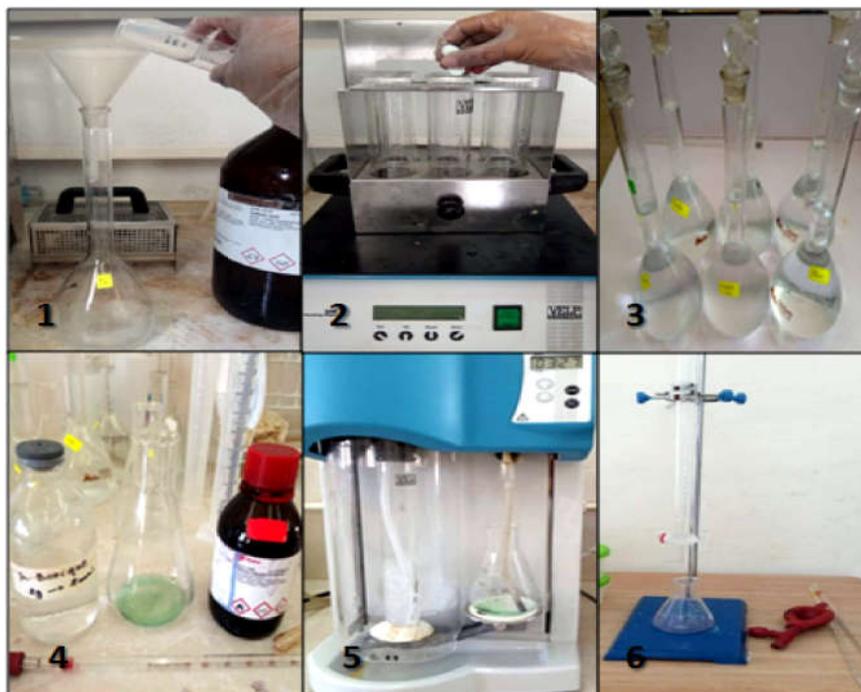
Annexe 7. L'ammoniac $\text{N}^{\text{NH}_3^+}$.



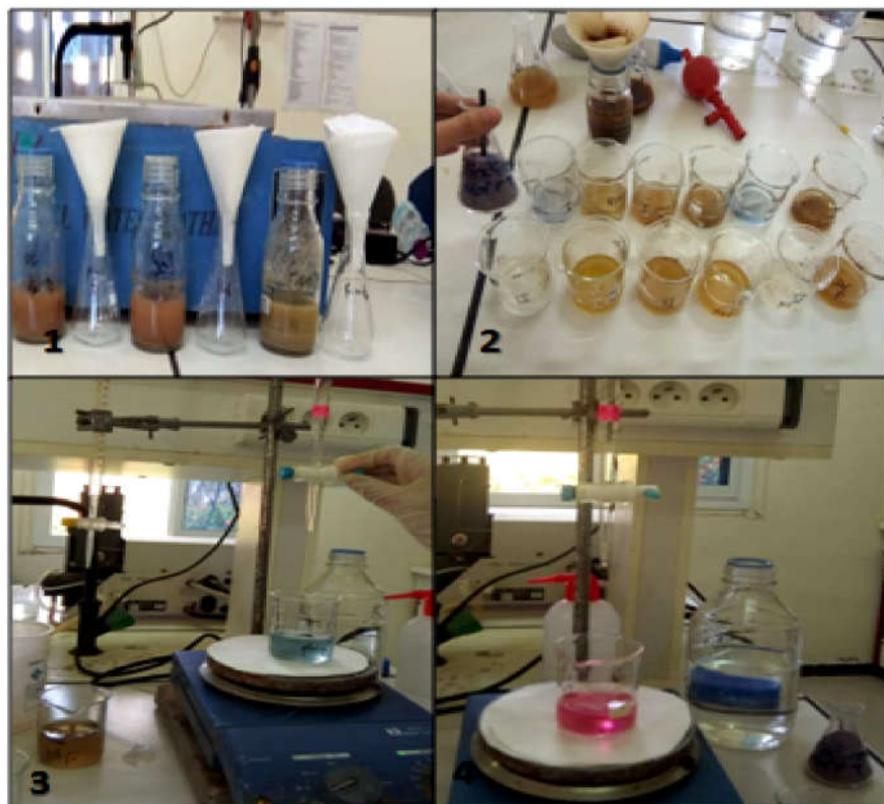
Annexe 8. Dosage du phosphore assimilable.



Annexe 9. Carbone organique dissous.

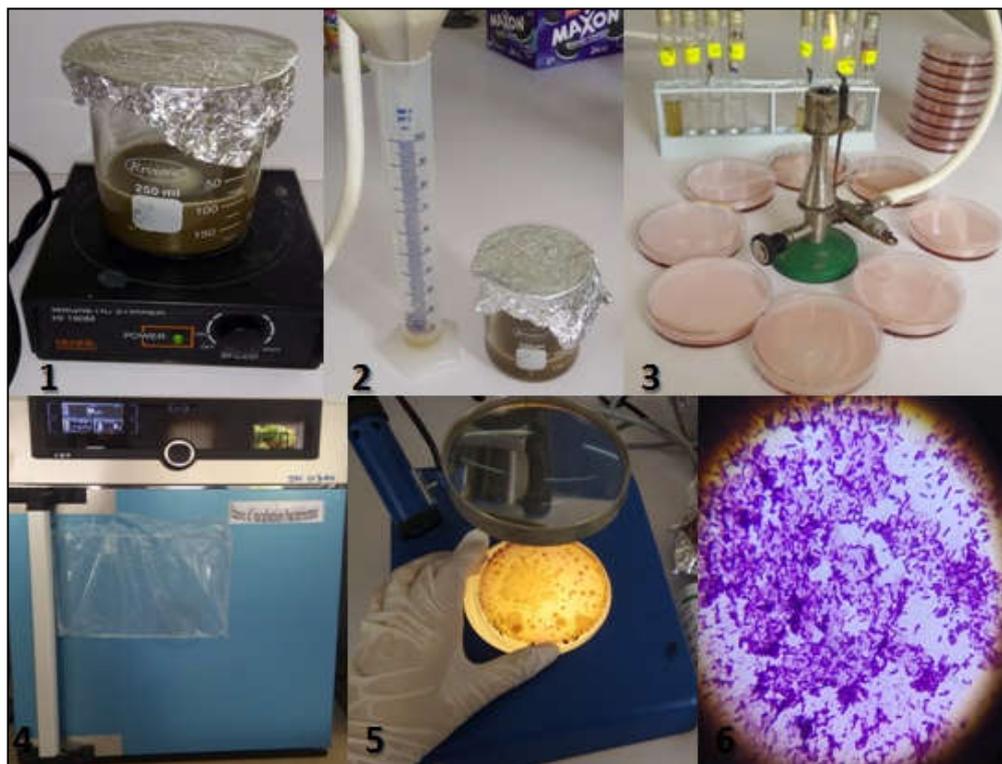


Annexe 10. L'Azote total (Kjeldahl).



Annexe 11. Dosage de calcium et magnésium.

II. Mesure des paramètres biologique

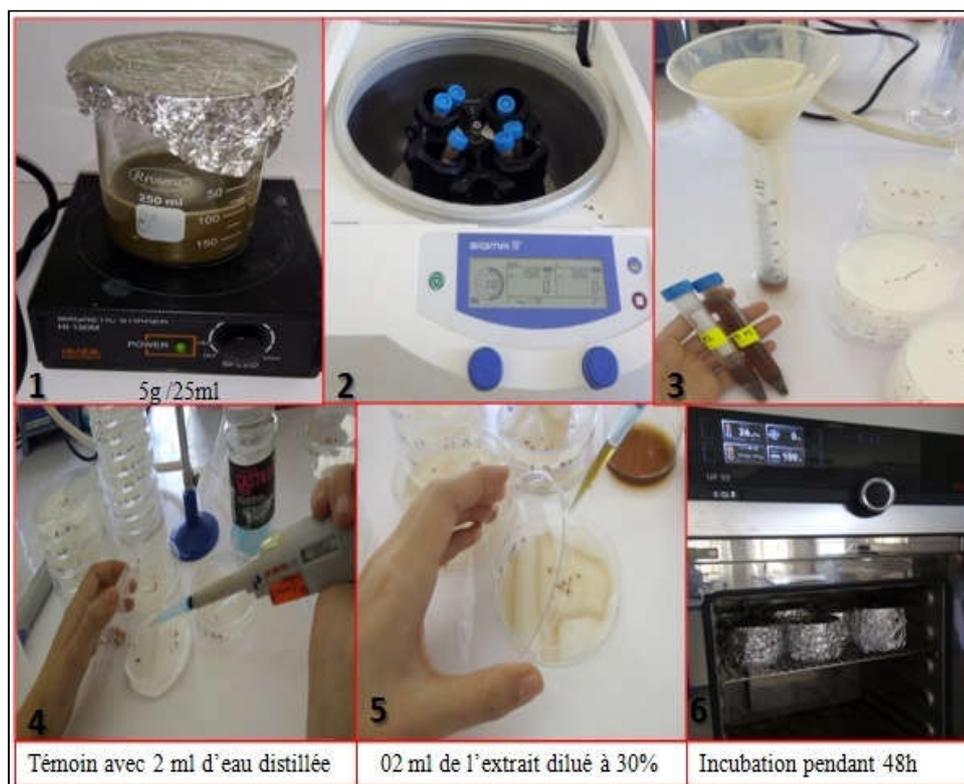


Annexe 12. Ensemencement en masse, comptage et coloration de gram des colonies de salmonelles sur SS.



Annexe 13. Respiration Basale / Respiration induite par le substrat (SIR).

Test de phytotoxicité



Annexe 14. Mesure de longueurs des racines après l'incubation des grains.

Annexe 15. Carbone organique dissous

Préparation de la solution rétrograde

180,16 g de Fructose72 g de carbone.

1 g de Fructose..... 0.397 g de carbone = $0.3997 \cdot 10^6 \mu\text{g}$.

$0.3997 \cdot 10^6 \mu\text{g} / 1000 \text{ ml} = 0.3997 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3} \mu\text{g/ml} = 0.3997 \cdot 10^3 \text{ ppm}$.

1 g = 399,7 ppm de c dans 1 litre.

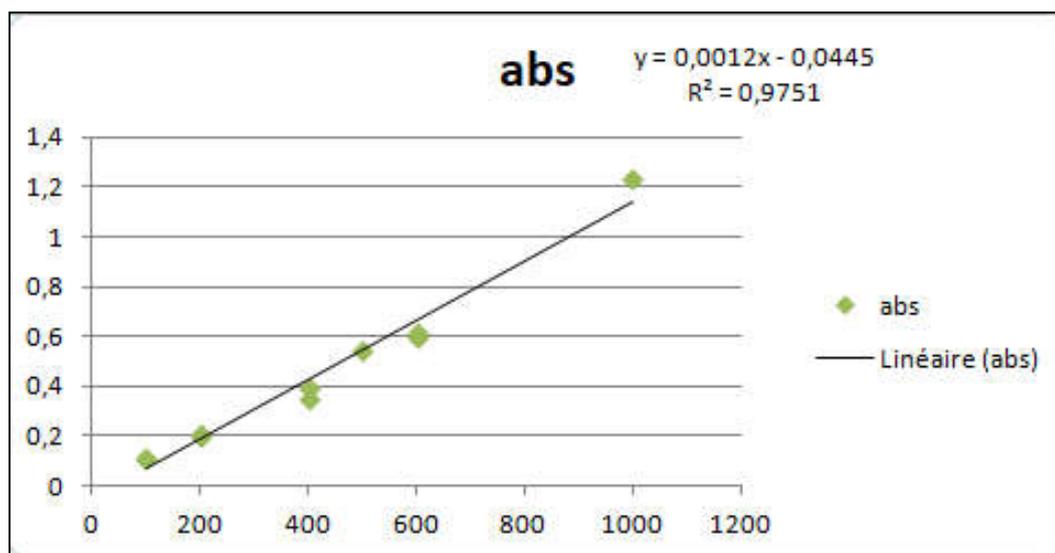
2. 502 g/l..... 1000 ppm de carbone.

2.502 g..... 1000 ml.

0,2502 g.....100 ml.

Pour une solution mère de 1000 ppm en dissous 0.2502 g de Fructose dans 100 ml

Concentration du fructose en mg/ml	0,2502	0,1502	0,1252	0,1002	0,0502	0,0252
Concentration de carbone en ppm	1000	600	500	400	200	100



Courbe d'étalonnage de COD.

Annexe 16. Préparation des solutions (COD, N, N-NH₃⁺).

Réactifs	Normalité	Poids (m)	Volume (ml/ l)
Acide borique	-	1 g	100 ml
BaCl ₂	-	7.03 g	100 ml
KCl	2 N	149.1 g	1 L
K ₂ Cr ₂ O ₇	1 N	4.9035 g	1 L
K ₂ SO ₄	0.5 mol	87.135 g	1 L
NaOH	30 %	300 g	1 L
HCl	0.01 N	0.86 ml	1 L

Annexe 17. Préparation des solutions (SIR, RB).

	NaOH	HCl	BaCl ₂	Glucose
Respiration Basale	m=1.2 g	V=0.835 ml	m=14.669 g	
	V=1 L	V= 1 L	V=100 ml	
	30 mmol	10 mmol	3 N	
Respiration Induite par Substrat	m=2.4 g	V= 1.670 ml	m=14.669 g	Dissoudre 100 mg de glucose dans 100 ml d'eau distillé (solution mère) Dilution: 80mg. 60 mg. 40 mg. 20 mg. Et 0 mg pour le blanc.
	V=1 L	V=1 L	V=100 ml	
	60 mmol	20 mmol	3 N	

Annexe 18. Dosage du Calcium et Magnésium méthode volumétrique à EDTA. Et Dosage de Phosphore-assimilable.

1- Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺**Préparation d'échantillon**

- (1) Peser 20 g de l'échantillon broyée et passée au tamis de 2 mm.
- (2) Introduire dans un flacon d'agitation.
- (3) Ajouter 100 ml d'eau distillé.
- (4) Agiter à l'aide d'un agitateur pendant 1h.
- (5) Filtrer à l'aide du papier filtre.

Témoin

Dans trois béchers de 50 ml prélever :

- 10 ml de la solution CaCO_3 (0.02 N)
- 1ml de solution NaOH (2.5 N)
- Une pince de Murexide (coloration rose)
- Titrer avec la solution d'EDTA jusqu'à coloration bien violet.
- Noter le volume "V" De l'EDTA

Faire 03 essais pour obtenir une valeur moyenne du titre

Étape 1

Dans des béchers de 50 ml prélever :

- 10ml de la solution de l'échantillon
- 1 ml de la solution tampon 10 déjà préparé
- Une pince de mélange Eriochrome Noir T
- Titrer avec la solution d'EDTA jusqu'à coloration bleue. Noter le volume V de l'EDTA
- Dosage Ca^{++}

Étape 2

Dans des béchers de 50ml prélever.

- 10 ml de l'échantillon.
- 1ml de la solution(NaOH) 1à 2,5N0
- Une pince de mélange de Murexide.
- Titrer avec la solution d'EDTA jusqu'à coloration bien violet, noter le volume V de l'EDTA.

Calcul

$$X \text{ 1mé} / 100 = N \times V \text{ EDTA} \times 100 \text{ ML} \times 100\text{g} / 20\text{g} \times \text{prise d'essai (10ml)}$$

$$\text{Ca} + \text{Mg} = N \times V \text{ EDTA} \times 100 \text{ g} / 20\text{g} \times \text{prise d'essai (10ml)} = X \text{ 1mé} / 100\text{g}$$

$$\text{Ca} + \text{Mg} = V \text{ EDTA} \times 1.02 = X1 \text{ mé} / 100 \text{ g}$$

$$\text{Ca}^{++} = V' \text{ EDTA} \times 1.02 = X2 \text{ mé} / 100 \text{ g}$$

$$\text{Mg}^{++} = X1 - X2 \text{ (ITDAS, 2014)}.$$

2- Dosage du phosphore assimilable

Mode opératoire

a- Extraction

- 1) Peser 4 g de l'échantillon broyée et passée au tamis de 2 mm.
- 2) Introduire dans un flacon d'agitation 150 ml env.
- 3) Ajouter 100 ml de la solution de l'oxalate d'ammonium 0,2 N.
- 4) Agiter à l'aide d'un agitateur culbuteur pendant 2h.
- 5) Filtrer à l'aide du papier filtre.

b- Dosage

Les dosages sont effectués sur un volume de 10 ml dans un tube à essai.

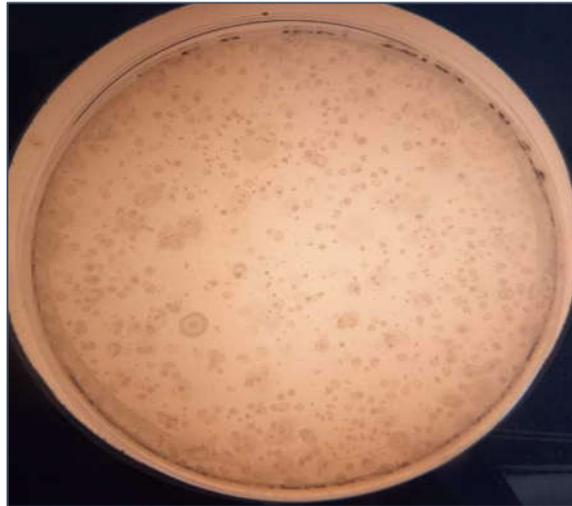
L'addition des réactifs se fait comme suit :

- 1,5 ml de prise d'essai.
- 2 ml de réactif sulfomolybdique.
- 6,5 ml de solution d'acide ascorbique.
- Homogénéiser les solutions.
- Chauffer au bain-marie bouillant pendant 10 à 12 mn.
- Laisser refroidir et passer au spectrophotomètre à 825 nm.

Établissement de la gamme

Les dosages sont effectués sur un volume de 10 ml dans un tube à essai (ITDAS, 2014).

Tube N°	0	1	2	3	4	5
Solution KH_2PO_4 (50ppm) / ml	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Oxalate d'ammonium (ml)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Réactif sulfomolybdique (ml)	2	2	2	2	2	2
Acide ascorbique (ml)	6.5	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0
Contraction final (ppm)	0	0.5	1	1.5	2	2.5



Annexe 19. Aspect des colonies de flore totale sur GN

ملخص

تعتبر إدارة النفايات المنزلية تحديا كبيرا للبلدان النامية عامة و الجزائر خاصة، يظهر ذلك من خلال تكلفة معالجتها والارتفاع الكمي و النوعي لها مما يؤثر سلبا على البيئة و صحة السكان.

لهذا السبب نهدف بعملنا هذا الى المساهمة في التخلص من هذا النوع من النفايات من خلال استغلالها في القطاع الزراعي عن طريق "صناعة الأسمدة الطبيعية".

و لغرض تطبيق هذه الأهداف، قمنا بعملية صنع السماد على مستوى كلية علوم الطبيعة و الحياة (الحاجب -بسكرة)، من اجل تحسين فضلات عضوية ذات اصل حيواني (روث الحمام) مع الورق ومع الاكياس البلاستيكية , و دراسة التحاليل البيولوجية و الخصائص الفيزيوكيميائية للسماد الناتج عن كلاهما، و أجرينا أيضا اختبار سمية السماد على انتاش نبات الرشاد (*Lipidum sativum*) وعلى دودة الأرض.

استخلصنا ان السماد الناتج من كلا النوعين من العلاج غني بالعناصر المعدنية، المواد العضوية المستقرة واختفاء البكتيريا الضارة. إن السماد الناتج من الورق هو الأكثر فعالية لنمو النبات مقارنة بالمصنوع من البلاستيك.

الكلمات المفتاحية: التسميد، روث الحمام، الورق، الاكياس البلاستيكية، السماد، النفايات المنزلية، دودة الأرض.

Résumé

La gestion des déchets ménagers reste un grand défi pour les pays en développement de manière générale et notamment pour l'Algérie, En raison du coût du traitement et de l'augmentation quantitative et qualitative, qui ont un impact négatif sur l'environnement et la santé de la population.

Pour cela nous avons lancé notre étude, au niveau du Département des Sciences de la Nature et de la Vie (El-hadjeb), nous avons réalisé un mini essai de compostage pendant trois mois pour valoriser les déchets organiques (fiente, papier ; les sacs en plastique).

Nous avons fait une comparaison entre les paramètres physico-chimique, et biologique des deux composteurs PAP et PL. Nous avons mené aussi un test de germination et test toxicité sur les lombriciens, afin de tester la qualité du compost obtenu.

Le compost issu des deux types de traitement est riche en élément minéraux, pH et CE adéquats, matière organique stable et disparition de la flore microbienne pathogènes comme les entérobactéries, cependant. Le composte PAP reste est le plus efficace pour la croissance des plantes à cause de IG plus élevée par apport au compost PL, la présence du plastique à diminuer la fertilité de ce compost.

Mot clés: fiente, compostage, compost, lombriciens, papier, sacs en plastique.

Abstract

The household wastes management stays a big challenge for developing countries in a general way in particular for Algeria, use of their daily increase, wastes present a real risk on the environment and consequently on the health of the population.

For that reason, and in order to valorize those kinds of wastes we made a mini composting trail in the Department of Nature and Life Sciences -Bikra-. The first with: pigeon dropping and paper wastes, the second with: pigeon dropping and plastic bags.

We compared the physical and biological parameters of PAP and PL. We also tested soil germination and toxicity testing to test the quality of compost obtained. Fertilizer of both types of treatment is rich in mineral elements, stable organic matter and the disappearance of harmful bacteria. Paper manure is the most effective plant growth compared to plastic.

Key words: Composting, household wastes, composting, pigeons dropping, paper, plastic.