



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 :

Aicha ZINE

Le : mardi 9 juillet 2019

Thème

**Evaluation de qualité du compost d'un mélange
fiente de pigeon et papier âgé de 18 mois**

Jury :

M.	Ziane LAIADI	M.C.A	Université de Biskra	Président
Mme.	Hassina GHITI	M.C.B	Université de Biskra	promoteur
Mme	Rima LABSI	M.C.A	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2018. 2019

Remerciements

*Au terme de ce travail, je remercie avant tout **Dieu** le tout puissant qui m'a éclairé mon chemin tout au long de mes études.*

*Je remercie vivement particulièrement **Mme Ghiti H** pour leur esprit scientifique et compréhensif, qui ont consacré beaucoup de leur temps à notre travail et nous ont beaucoup aidés avec leurs idées, conseils et critiques objectives.*

*J'exprime mes profonds remerciements à mes parents, **Salah** et **Fatiha** c'est grâce à vous, à votre éducation, vos encouragements, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études*

Mes remerciements aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.

Également à remercier toutes les responsables des laboratoires: Sara et Alima particulièrement, et aussi tous l'équipement de laboratoire de IITDAS pour leur compréhension et leur aide.

Je remercie mes frères, et ma sœur pour leur encouragement, et tous ma famille.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

Je remercie enfin tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réussite de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A **mon père**, qui a toujours mon guide et mon repère, que dieu le compte parmi ses biens aimés.

A l'être le plus chère à mon cœur, **ma mère** pour ses prières, ses encouragements et soutient tout le long de ma vie.

A mes frères: **Abdenour, Islame, Mohamed anis.**

A ma sœur: **Meriem Chromissa.**

A ma chère grande mère: **Malika** pour vos encouragements, et leur tendresse.

À l'âme de mes chère grand-père: **Amer, Mohamed.**

A mes oncles: **Idris, Yousef, Salah, Kader.**

A mes chères tantes à l'entête: Nadjet, Aicha, Rachida.

A tous mes collègues de travail, particulièrement: **Ikhlassé, EL-Kahina, Zineb, Dalale.**

A mes chères cousine: **Yasmina, Soumia, Souad, Nesrine, Zahra, Madjeda.**

A mes chère nièces: **Malek, Ines, Mohames salah, ikhlassé.**

Et à tous la famille : **Zine et Seoudi.**

Aux personnes chères sur mon cœur.

À tous le Promotion de 2019.

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.



Sommaire

Remerciements

Dédicace

Sommaire

Liste des Tableaux.....	I
Liste des Figures.....	II
Liste des abréviations.....	III
Introduction.....	1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Le compostage

1.1. Définition.....	3
1.1.1. Le compostage.....	3
1.1.2. Le compost	3
1.2- Pourquoi composté ?	3
1.3. Quels déchets composter?.....	4
1.3.1. Déchets de cuisine	4
1.3.2. Déchets du jardin	4
1.3.3. Les déjections pâteuses à sèches	4
1.4. Bio conversion de la matière organique.....	5
1.4.1. La phase mésophile.....	5
1.4.2. Une phase thermophile	5
1.4.3. La phase de refroidissement	5
1.4.4. La phase de maturation	5
1.5. Paramètres du compostage.....	6
1.5.1. Les organismes décomposeurs	6
1.5.2. Paramètres physico-chimique.....	7

Chapitre II : Qualité du compost

2.1. Maturité et stabilité du compost	9
2.2. Indicateurs de maturité	9
2.2.1. Indicateurs physico-chimiques	9
2.2.2. Indicateurs biologique	9
2.2.3. Tests de phyto-toxicité	10
2.3. Valeurs agronomiques	10
2.3.1. Amélioration de la croissance de végétaux et racines	10
2.3.2. Amélioration du rythme de diffusion des nutriments	10
2.3.3 Amélioration de la porosité du sol.....	10
2.3.4. Elimination des maladies chez les végétaux	10

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 3: Matériel et méthodes

3.1. Présentation du site d'étude	11
3.2. Origine et caractérisation des déchets.....	11
3.3. Plan d'expérience.....	12
3.3.1. Montage des bioréacteurs (composteur)	12
3.3.2. Préparation du mélange pour l'essai	12
3.4. Matériels utilisés	13
3.5. Paramètres déterminés.....	13
3.5.1. Paramètres physico-chimiques	14
3.5.2. Paramètres biologique analysés.....	20
3.5.3. Les teste d'évaluation de la maturité du compost	24
3.6. Analyse des résultats.....	26

Chapitre 4: Résultats et discussion

4.1. Résultats des analyses physico-chimiques du compost avant et après compostage...27	27
4.2. L'évolution des paramètres physico-chimiques du compost avant et après le compostage.....	28
4.2.1. Le pH	28
4.2.2. La Conductivité électrique	30

4.2.3. L'humidité relative, matière organique, Carbone organique et l'azote.....	31
4.2.4. Carbone organique dissous (COD%).....	34
4.2.5. Le rapport C/N.....	36
4.2.6. Le Calcium, Magnésium, Phosphate	37
4.2.7. L'ammoniac	39
4.3. Résultats des paramètres biologiques	41
4.3.1. Etude de la respiration BASAL.....	41
4.3.2. Résultat du Dénombrement de la flore bactérienne.....	42
4.3.3. Caractères phénotypiques et identification des germes pathogènes du compost	43
4.4. Résultats des testes d'évaluation de la maturité du compost	44
4.4.1. Résultats du teste de phytotoxicité	44
4.4.2. Résultats du teste de toxicité sur les vers de terre	46
4.4.3. Résultats du teste de germination	47

Liste des Tableaux

Tableau 1. Liste des différents matériaux susceptibles d'être valorisés par le compostage.....	4
Tableau 2. Paramètres de stabilité et de maturité (en %).	9
Tableau 3. Les appareilles, les matériels et les réactifs utilisés.	13
Tableau 4. Les moyennes et SD \pm des paramètres physico-chimiques et biologiques du compost avant et après compostage (18mois).....	27
Tableau 5. Résultats de l'ANOVA pour la variable de PH.....	29
Tableau 6. Résultats de l'ANOVA pour la variable CE.	31
Tableau 7. Résultats de l'ANOVA pour la variable de H%.....	32
Tableau 8. Résultats de l'ANOVA pour la variable de MO%.	32
Tableau 9. Résultats de l'ANOVA pour la variable de COT %.....	33
Tableau 10. Résultats de l'ANOVA de la variable Ntot.....	34
Tableau 11. Résultats de l'ANOVA de la variable COD.....	35
Tableau 12. Résultats de l'ANOVA de la variable C/N.	36
Tableau 13. Résultats de l'ANOVA de la variable Calcium.....	38
Tableau 14. Résultats de l'ANOVA de la variable Mg.	38
Tableau 15. Résultats de l'ANOVA de la variable Phosphate.....	38
Tableau 16. Résultats de l'ANOVA de la variable Ammoniac.....	40
Tableau 17. Résultats de l'ANOVA de la variable CO ₂	41
Tableau 18. Les moyennes \pm SD de dénombrement de la flore bactérienne.....	42
Tableau 19. Résultats de l'ANOVA pour les entérobactéries.	43
Tableau 20. Résultats obtenu de la flore bactérienne avant et après le compostage.....	43
Tableau 21. Résultats du teste de phytotoxicité (%).	45
Tableau 22. Résultats de l'ANOVA pour la variable de% de germination (blé, lentilles).	48

Liste des Figures

Figure 1. Représentation schématique du principe de compostage.....	3
Figure 2. Les déchets valorisés par le compostage	11
Figure 3. Schéma représentatif du Montage des bioréacteurs (composteur).	12
Figure 4. Le compost obtenu à la fin du compostage	14
Figure 5. Plan d'expérience pour le test de germination utilisé	26
Figure 6. Histogramme présenté l'évolution des moyennes des pH avant et après compostage	29
Figure 7. Histogramme présenté l'évolution des moyennes des CE avant et après compostage.	30
Figure 8. Histogramme présenté l'évolution des moyennes de H%, MO%, COT%, l'azote total avant et après compostage.....	31
Figure 9. Histogramme présenté l'évolution des moyennes de COD ($\mu\text{g/g ps}$).....	35
Figure 10. Histogramme présenté l'évolution des moyennes de rapport C/N.....	36
Figure 11. Histogramme montre l'évolution de respiration BASAL avant et après le compostage.....	41
Figure 12. Evolution de taux de germination des cressons (%).	45
Figure 13. Résultats du teste de toxicité du compost sur les vers de terre.....	46
Figure 14. Histogrammes représenté l'évolution des moyennes de % de germination de blé et lentilles.....	47
Figure 15. Résultats du teste de toxicité du compost sur les vers de terre.....	47
Figure 16. Germination des grains de blés et des lentilles (test de germination).....	48
Figure 1. Germination des grains de blés et des lentilles (test de germination).....	48

Liste des abréviations

ANOVA : analyse de variance.

Ca: calcium.

C/N : rapport Carbone/Azote.

CE : Conductivité Electrique.

CO% : Carbone organique.

COD : Carbone organique dissous.

H% : Humidité relative.

IG% : Indice de germination.

Mg: magnésium.

MO% : Matière organique.

N tot: Azote total.

N-NH₃: ammoniac.

P: phosphore.

PH : Potentiel hydrique.

P0 : Poids de creuset.

RRG% : croissance relative des racines.

RSG% : germination relative des graines.

SIR : Respiration induite par le substrat.

SD: Deviation standard.

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences.

Les engrais chimiques sont des substances qui apportent des compléments nutritifs aux plantes pour augmenter leur croissance, leur rendement et la qualité de celles-ci. Mais ces derniers; ne contiennent que quelques éléments nutritifs (Azote, Phosphore et Potassium).

Les substances nutritives contenues dans les engrais chimiques sont libérées rapidement étant donné que sa provision rapide et unique, pour répondre aux besoins d'une culture.

Pour entretenir un certain niveau de fertilité du sol, il ne suffit pas de se limiter à l'application des engrais chimiques. Il est nécessaire l'application de la matière organique pour retenir l'eau et les éléments nutritifs. Pour un sol qui ne contient pas de matière organique, les rendements continuent à baisser, même si l'on applique de l'engrais chimique. Cela veut dire que chaque fois qu'un agriculteur applique ces engrais, il doit veiller au niveau de matière organique du sol (Inckel *et al.*, 2005).

D'autre part; Les sols dans certains régions en Algérie sont insuffisamment pourvus en éléments nutritifs assimilables par les plantes (N, P, Ca, etc.), et en matière organique qui considérée comme un des éléments essentiels de la qualité des sols Ainsi, ils ne peuvent en l'état assurer une production agricole acceptable sans que des apports d'engrais chimique. (Gobat et Matthey, 2003).

Avec le temps, les engrais chimiques pourraient même avoir un effet négatif sur le sol, parce qu'il devient épuisé et dégradé si l'on n'ajoute pas de matière organique. La composition chimique de l'engrais peut également entraîner l'acidification du sol.

(Agromisa; 1998).

Une approche intégrée qui associe l'application de compost à l'application d'engrais chimique est une bonne stratégie car la concentration des éléments nutritifs est beaucoup plus importante dans le compost.

Il est avantageux d'utiliser du compost comme engrais parce qu'en améliorant la structure et la fertilité du sol pendant longtemps. Le facteur clef de l'amélioration de la structure du sol est la matière organique. Elle contient de grandes quantités de micro éléments qui sont essentiels à la croissance des plantes et elle améliore.

Plusieurs études ont eu pour objet de l'estimation des impacts de l'utilisation des composts sur les qualités physiques, chimiques et biologiques du sol. Les modifications apportées au sol dans par l'addition de composts sont bénéfiques à la croissance végétale, meilleure rétention et disponibilité de l'eau en période de sécheresse, meilleure aération et maintien d'une bonne porosité, qui améliore le drainage naturel des sols, optimisation des

échanges gazeux, pénétration facilitée des racines dans le sol, stabilisation de la structure du sol, accroissement de la rétention et de l'échange ionique, apport d'oligoéléments et de macroéléments nutritifs, et maintien d'un pH favorable; etc. Certains apports de composts permettent en outre l'apparition de résistances naturelles des sols à certains phytopathogènes telluriques (Girard *et al.*, 2005) qui permettent de diminuer l'utilisation de pesticides.

- **Problématique**

Les déchets sont une source de nuisances pour l'environnement et un gisement important pour la récupération des matières premières. La valorisation des déchets reste le moyen le plus intéressant pour préserver la qualité de l'environnement. Le traitement biologique des déchets organiques (le compostage) représente un souci et une orientation stratégique.

Donc, dans notre cadre d'étude le problème posé par les déchets des fientes de pigeon et papier à usage administratif scolaire qui provoquent des effets nuisibles sur l'environnement ; tel que la pollution du sol et de l'air.

L'objectif de notre étude est:

- Valorisation des déchets des fientes et des papiers par un traitement biologique ; le compostage.
- Analyse des paramètres physico-chimiques et biologiques du compost obtenu à fin de contrôler leur qualité et sa valeur fertilisante.
- Evaluation de la maturité du compost obtenu (test de germination).

Pour atteindre cette étude nous avons deux parties:

- Partie bibliographique :

Chapitre I : Le compostage

Chapitre II : Qualité du compost

- Partie expérimentale

Chapitre III : Matériels et méthodes.

Chapitre IV: Résultats et discussions.

Conclusion

1.1. Définition

1.1.1. Le compostage

Le compostage est un procédé biologique aérobie de dégradation et de valorisation de matière organique en un produit stabilisé et hygiénisé disposant des caractéristiques d'un terreau enrichi en composés humiques (Damien, 2006).

Les matières premières organiques, telles que les résidus de culture, les déchets alimentaires, restes animaux, certains déchets urbains et les déchets industriels appropriés peuvent être appliquées aux sols en tant que fertilisant, une fois le processus de compostage terminé (Misra *et al.*, 2005).

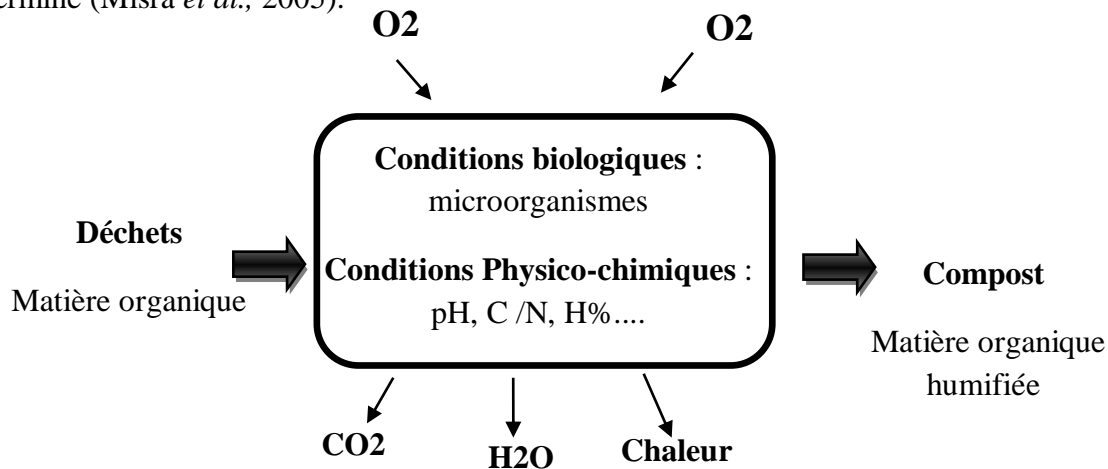


Figure 2. Représentation schématique du principe de compostage (Charnay, 2005).

1.1.2. Le compost

Le compost est une matière brunâtre qui ressemble à du terreau, il provient de la décomposition contrôlée des matières organiques par des millions d'organismes vivant, depuis les bactéries microscopiques jusqu'aux vers de terre (Smeesters, 1993).

1.2- Pourquoi composté ?

- Le compostage permet de transformer un matériau en fin de vie, le déchet, en un produit utilisable, le compost.

- L'intérêt premier d'un compost est d'être un amendement organique permettant d'améliorer la fertilité des sols.

- Le compostage permet de réduire les masses et les volumes d'environ 50% par rapport aux déchets initiaux (Das et Keener, 1997).

- Stabilisation du déchet pour réduire les pollutions ou nuisances associées à son évolution biologique (Bayard et Gourdon, 2007).

1.3. Quels déchets composter?

1.3.1. Déchets de cuisine

Épluchures de fruits et légumes, Coquilles d'œufs concassées (Michaud, 2007).

1.3.2. Déchets du jardin

Feuilles mortes, Mauvaises herbes (non grainées), fleurs fanées (Michaud, 2007).

1.3.3. Les déjections pâteuses à sèches

Dans cette catégorie nous avons :

a. Les fumiers:

Sont le résultat du mélange dans les bâtiments d'élevage, des déjections animales avec une litière (paille, copeaux ou sciure) (Tournade et Michau, 2011).

b. Les fientes

Elles sont constituées de fèces, d'urines, de plumes, d'œufs ou de coquilles d'œuf, et de litière. C'est un mélange hétérogène. (Fourmont, 1982).

Dans le tableau qui suit, vous trouverez les différents matériaux susceptibles d'être valorisés par procédé le de compostage, Plutôt riche en azote ou en carbone.

Tableau 1. Liste des différents matériaux susceptibles d'être valorisés par le compostage (Michaud, 2007).

Matériaux	Tendance
Fruits, Légumineuses	N
Café (résidus et filtres)	N (résidus), C (filtres)
Sacs de papier brun	C
Viandes et os	N
Excréments d'animaux d'élevage	N
Papier journal, Papiers fins, Papiers mouchoirs	C
Céréales (grains)	C

Tendance : **C**: riche en carbone, **N** : riche en azote

1.4. Bio conversion de la matière organique

Le compostage est une bio-oxydation, c'est-à-dire un processus microbiologique de dégradation de la matière organique en présence d'oxygène (processus aérobie). D'une manière plus détaillée, on distingue quatre phases dans le processus de compostage, les trois premières correspondant à la première étape, dite de fermentation, et la dernière, à la seconde étape, dite de maturation (Kaiser, 1983). Les quatre phases du compostage sont:

1.4.1. La phase mésophile

Lors de cette phase, les bactéries, principalement de type mésophile, s'attaquent aux composés facilement biodégradables tels que les glucides, les protides et les lipides. La température augmente graduellement jusqu'à 40 °C à cause d'une forte activité microbienne. Cette dégradation intense produit des acides organiques, c'est pourquoi on remarque une légère baisse du PH (parfois jusqu'à 5) (Leclerc, 1997).

1.4.2. Une phase thermophile

Les bactéries de type mésophile meurent progressivement pour laisser la place aux bactéries de type thermophile qui sont assimilées les molécules organiques les moins dégradables comme la cellulose ou la lignine (Michaud, 2007).

La phase thermophile se caractérise par une température comprise le plus souvent entre 40 et 60°C. Cette phase fait appel à de nombreux champignons thermotolérants et thermophiles, le pH augmente graduellement pour atteindre un plateau entre 7 et 8 car les microorganismes utilisent les acides organiques (Adani *et al.*, 1999).

1.4.3. La phase de refroidissement

Elle est caractérisée par une diminution de la quantité de matières organiques facilement dégradables provoquant un ralentissement de l'activité microbienne. Ceci favorise un refroidissement du compost (Koledzi, 2011).

1.4.4. La phase de maturation

Le stade de maturation peut à son tour être divisé en trois phases

La première phase correspond à la baisse de température ; à ce moment, les champignons et les actinomycètes attaquent les composés qui sont plus difficiles à décomposer tels que la cellulose et la lignine. À la fin de cette phase, le compost est dit jeune ou frais. D'ailleurs, on remarque que les matériaux sont encore identifiables.

Lors de la deuxième phase (au milieu du stade de maturation), les vers de terre et les insectes colonisent le compost. On reconnaît encore quelques matériaux.

Enfin, la dernière phase est celle d'humification intense (transformation en humus). À ce moment, le compost a une structure grumeleuse et les vers en sont absents. Le compost est dit mûr ou mature (Michaud, 2007).

1.5. Paramètres du compostage

1.5.1. Les organismes décomposeurs

❖ Micro organismes

Les principaux micro-organismes qui interviennent dans la décomposition de la matière organique sont les bactéries, les champignons et les actinomycètes.

a. Les bactéries

Elles sont très abondantes dans la matière organique en décomposition. D'ailleurs, d'après Mustin (1987) les bactéries seraient responsables de 80 à 90% de l'activité microbienne lors du compostage actif puisque les bactéries ont absolument besoin d'azote et de carbone qu'elles trouvent abondamment dans la matière organique (Michaud, 2007).

Exemples des espèces en fonction des phases du compostage: (Haruta,*et al.*, 2005 ; Mustin, 1987)

- Phase mésophile: *Enterobacteriaceae*, *Clostridiaceae*, *Bacillaceae*, *Caryophanaceae*.
- Phase thermophile: *Streptomycetaceae*, *Thermoactinomycetaceae*.
- Phase de maturation: *Streptomyces* et *Nocardia*.

b. Les champignons

Les champignons se trouvent en moins grande quantité que les bactéries et les actinomycètes ils représentent une masse plus importante dans le compost.

Ils n'apprécient pas les températures extrêmes, ce qui explique leur présence en périphérie du compost. Contrairement aux bactéries. Les champignons ont la capacité de se développer lorsque les conditions d'humidité sont minimales. Ils sont, parmi les micro-organismes, les plus adaptés aux conditions d'acidité.

La majorité des champignons sont mésophiles et se développent entre 5°C et 37°C. Même si certains champignons (*Geotrichium candidum*, *Aspergillus fumigatus*, *thermoascus aurantiacus*, *Torula thermophila*) peuvent croître à des températures au dessus de 50°C (Finstein et Morris, 1975).

c. Les actinomycètes

Les actinomycètes arrivent en deuxième position après les bactéries dans le compost; ne sont pas confortables dans des conditions d'humidité et d'acidité (pH moins de 5) importantes. En s'attaquant principalement aux matières organiques plus résistantes, telles la cellulose et la lignine. Les genres *Streptomyces* et *Nocardia* représentent environ 90% de la biomasse des actinomycètes présents dans le compost. Les actinomycètes sont souvent associés aux odeurs aromatiques du sol ou des composts matures (Mustin, 1987).

1.5.2. Paramètres physico-chimique

1.5.2.1. La température

Dès le début du compostage, la température s'élève rapidement. En effet, les dégradations aérobies dégagent de la chaleur.

Une température supérieure à 55°C permet l'hygiénisation, entre 45 et 55°C, elle favorise la biodégradation et qu'entre 35 et 40°C elle améliore la diversité des micro-organismes. Une température voisine de 20°C ou supérieure à 82°C inhibe, voire arrête cette activité microbienne (Charnay, 2005).

1.5.2.2 pH

L'activité des micro-organismes produit des acides organiques et du gaz carbonique qui a tendance à acidifier la masse en compostage si le substrat est déjà acide au départ, un ralentissement d'évolution peut se produire (Guét, 20003).

1.5.2.3. Matière organique

La matière organique désigne tous les composés organiques pouvant être dégradés durant le processus de compostage. La matière organique contient 58 % de carbone organique (Mustin, 1987). Ainsi, lors de sa décomposition la matière organique subit une diminution de 20 à 40 % causée par l'activité des microorganismes (Calvet *et al.* , 2011). Ces derniers utilisent les substances organiques nécessaires à leur métabolisme. Par conséquent, le contenu en substances non humiques diminue dans la pile en compostage tandis que celui en substances humiques (acides humiques et fulviques) augmente (Nyle etWeil, 2004).

1.5.2.4. L'aération

Dans toute fermentation aérobie, les organismes ont besoin d'oxygène pour oxyder les matières. Ce besoin est maximal au départ et diminue progressivement au cours du temps. (Guét, 20003).

1.5.2.5. L'humidité

L'humidité ou la teneur en eau du substrat mis en compostage est nécessaire à la vie des êtres vivants qui interviennent dans le compostage.

Des valeurs d'humidité initiale trop basses peuvent conduire à une déshydratation rapide du compost et bloquer le processus biologique et donner un compost physiquement stable mais biologiquement instable. Par contre, des valeurs d'humidité trop élevées gênent des conditions anaérobies dans le compost (Yulipriyanto, 2001).

1.5.2.6. Le rapport C/N

Au cours du compostage celui-ci diminue car les matières organiques perdent plus vite leur azote (sous forme de gaz volatils comme l'ammoniac par exemple)

Les bactéries utilisent le carbone comme source d'énergie et l'azote comme source protéique (Charnay, 2005).

1.5.2.7. Apport d'oxygène

L'oxygène est utilisé par les micro-organismes comme un récepteur terminal d'électrons lors de la respiration aérobie et de l'oxydation des substances organiques. La présence d'oxygène est indispensable au bon déroulement du compostage pour maintenir les conditions aérobies nécessaires à une décomposition rapide et inodore (Waas *et al.*, 1996).

1.5.2.8. Granulométrie

La granulométrie est un facteur qui détermine la vitesse de biodégradabilité. Plus la surface spécifique du substrat sera élevée, plus la zone de contact entre le substrat et les micro-organismes sera étendue et meilleure sera la fermentation (Charnay, 2005).

Le compost est essentiellement utilisé comme amendement organique pour améliorer la qualité des sols et les rendements de production des cultures. Il doit correspondre à des standards de qualité répondant eux-mêmes aux exigences des consommateurs et du marché.

2.1. Maturité et stabilité du compost

Le terme de stabilité est défini par 12 paramètres parmi 49 références bibliographiques et la maturité selon 7 paramètres parmi 44 références. La répartition de ces termes recueillis dans la littérature est récapitulée le Tableau

Tableau 2. Paramètres de stabilité et de maturité (en %) (A.D.A.S, 2005).

Stabilité %	%	Maturité %	%
Activité biologique ou respiration	35	Effets sur les plantes	45
Degrés ou stades de décomposition	20	Degrés de décomposition (C/N)	23
Mauvaises odeurs	14	Activité biologique ou respiration	11
Consommation d'azote	8	Bénéfices agraires	9
Disponibilité des nutriments	6	(texture, rétention en eau...)	
Phyto-toxicité	4	Odeurs	9
Carbone disponible ou autres sources	2	Pathogènes	4
Couleur	2	Couleur	2
Dissolution des métaux lourds	2		
Humidité	2		
Risques environnementaux pour la santé	2		
	100		100

2.2. Indicateurs de maturité

2.2.1. Indicateurs physico-chimiques

La majorité des études, relatives au degré de maturité des composts, se base sur l'évolution des paramètres physico-chimiques globaux : pH, et rapport N-NO₃ - /N-NH₄ +, capacité d'échange cationique (C.E.C), rapport C/N (Charnay, 2005).

2.2.2. Indicateurs biologique

Les tests biologiques d'évaluation de l'état de maturité du compost sont divers. Certains sont basés sur la présence des différentes formes de la M.O dans le compost.

D'autres mesurent les effets nuisibles sur les plantes : les tests de phyto-toxicité. Une dernière catégorie est basée sur la détermination de l'activité respiratoire des micro-organismes dans le compost par la mesure de l'oxygène consommé ou du dioxyde de carbone produit.

2.2.3. Tests de phyto-toxicité

Les tests de phyto-toxicité sont les seuls moyens pour évaluer la toxicité d'un compost dans les sols. Un compost immature contient des produits phyto-toxiques comme les acides phénoliques ou les acides gras volatils. Les plus fréquemment retrouvés dans la littérature et la pratique sont les : tests de croissance de plantes (Helfrich *et al.*, 1998), Tests de germination (Wu *et al.*, 2000), test de développement racinaire (Brinton, 2001).

Ces tests sont réalisés sur des végétaux (cresson), et le compost est appliqué en mélange avec de la tourbe en quantités variables allant de 0 à 100%.

2.3. Valeurs agronomiques

La qualité d'un compost se juge également sur son aptitude à améliorer la fertilité du sol. On peut citer :

2.3.1. Amélioration de la croissance de végétaux et racines

Le compost ajoute non seulement de la matière organique au sol mais aussi des fertilisants (N, P₂O₅, K₂O), des oligo-éléments tels que le fer, le manganèse, le cuivre, le zinc et le bore, nécessaires à la croissance des végétaux (Ademe, 2001).

2.3.2. Amélioration du rythme de diffusion des nutriments

Le compost rend au sol ses nutriments prolongeant ainsi leur présence dans le sol pour nourrir les végétaux pendant une plus longue période (Ademe, 2001 ; Ademe, 2008).

2.3.3 Amélioration de la porosité du sol

Le compost étant constitué de particules de tailles différentes, il offre une structure poreuse qui améliore la porosité du sol (Ademe, 2001 ; Ademe, 2008).

2.3.4. Elimination des maladies chez les végétaux

Le compost contient des substances donnant plus de vigueur aux végétaux et augmentant ainsi leur résistance vis-à-vis de certains pathogènes.

Des études menées par Tratch et Bettioli (1997) sur des composts biologiques ont montrés que la pulvérisation d'une solution de jus de compost à 10 % de concentration inhibe la croissance mycélienne de la majorité des pathogènes testés (*Rhizoctonia solanii*, *Fusarium oxysporium*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani*, *Septoria lycopersicii*...).

Le but de notre essai est la contribution à la valorisation du mélange fientes de pigeon et déchets de papiers.

Nous présentons successivement : le plan d'expérience, les paramètres suivis et le test de germination mené.

3.1. Présentation du site d'étude

Notre travail à été réalisé au laboratoire de département de la science de la Nature et de la Vie d'El-Hadjeb Université Mohamed Kheider -Biskra.

3.2. Origine et caractérisation des déchets

Le but de notre essai est la valorisation par le compostage, deux types des déchets qui sont disponibles au département des sciences de la nature et de la vie d'Elhadjeb- Biskra: Fientes de pigeons, et papier.

Les fientes de volaille constituent une masse importante de matières organiques facilement fermentescibles. Elle est due à l'excrétion combinée de l'urine et des fèces chez les volailles.

Les fientes ont une concentration élevée en azote qui se décompose sous forme d'acide urique (61 %), d'azote organique (31 %) et d'ammoniac (8 %), en plus très riches en matières organiques (60 à 70 %) facilement décomposables dans le sol où elles se transforment rapidement en humus (Baltazart, 2010).



Fientes



Papiers

Figure 3. Les déchets valorisés par le compostage (image personnelle).

3.3. Plan d'expérience

3.3.1. Montage des bioréacteurs (composteur)

Nous avons préparé 2 boîtes en plastique de 20 litres de volume de qui sont de 29,2 cm de longueur, 25 cm de largeur basal, 30cm de largeur superficiel.

Les boites sont préalablement trouées pour assurée l'aération, évacuation de lixiviat.

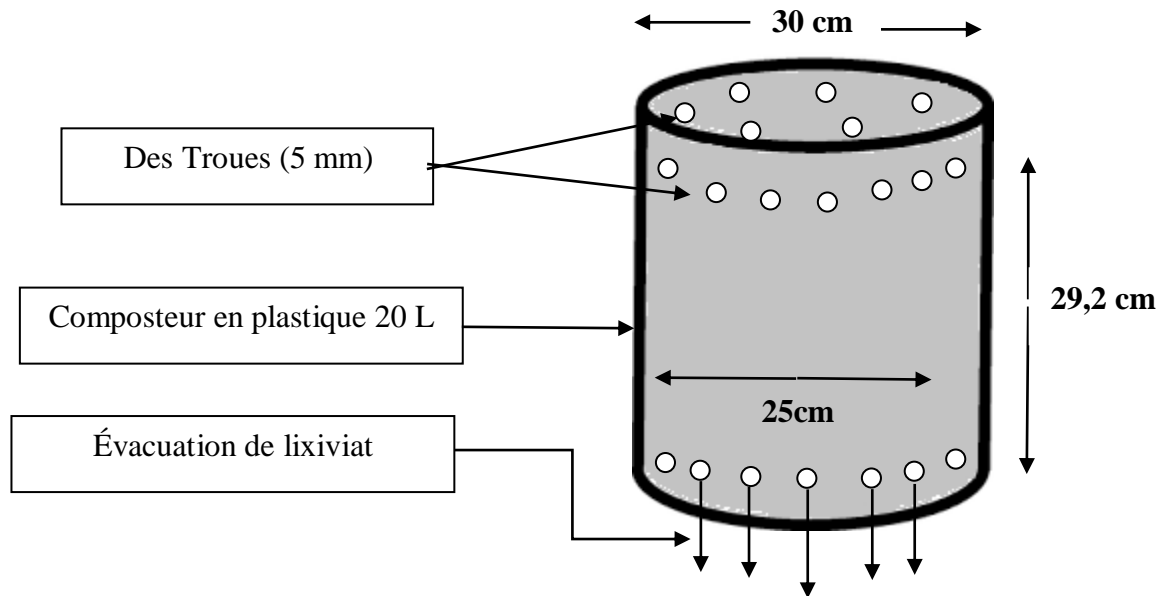


Figure 4. Schéma représentatif du Montage des bioréacteurs (composteur)
(Représentation personnelle).

3.3.2. Préparation du mélange pour l'essai

La première étape consiste la collection du fiente puis mettre dans des poches et congeler a (-20°C) pendant 48heures, pour minimisée le nombre des larves.

Le papier utilisée est collecter a partir de l'administration du département, après on découpés a des petits morceaux et humidifier avec de l'eau distillé.

Les composteurs préparés précédemment ont été remplies aux mêmes proportions de constituants.

Nous avons pesé 1Kg de fientes avec ½ Kg de papier et 1 Kg du sol (le sol est utilisé comme matrice car il est riche en bactéries, champignons, actinomycètes...).

Alors le mélange a un volume de 2,5 Kg.

Les pourcentages du mélange sont:

- Fiente 40%.
- Sol 40%.
- Papier 20%.

Au cours de ces essais, des brassages manuels sont effectués chaque semaine pour favoriser l'aération du mélange. Après chaque brassage l'humidité est contrôlée et en cas de dessèchement des mélanges un arrosage des mélanges est effectué.

3.4. Matériels utilisés

Tableau 3. Les appareilles, les matériels et les réactifs utilisés.

Appareille	Matériels	Réactifs
<ul style="list-style-type: none"> ○ Agitateur magnétique ○ Balance ○ Conductimètre ○ pH mètre ○ Etuve dessiccation 105°C ○ Four à moufle à 500 °c ○ Digesteur de kjeldhal ○ Spectrophotomètre ○ Congélateur à -20°C ○ Microscope optique 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Béchers ○ Eprouvettes ○ Cuves de spectrophotomètre ○ Erlenmeyers ○ Entonnoir ○ Barreau ○ Papier filtre ○ Papier aluminium ○ Papier Wattman n°1 ○ Creusets de céramique ○ Micropipette ○ Boites de pétri ○ burette 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Eau distillée. ○ Eau physiologique ○ KCl ○ Mgo ○ Acide borique ○ Hcl ○ Acide sulfurique ○ Tablette catalytique ○ NaOH ○ Tashiro ○ K₂SO₄ ○ K₂Cr₂O₇ ○ BaCl₂ ○ violet de gentiane ○ Ethanol ○ Lugol ○ Alcool ○ Fuchsine ○ Huile d'immersion

3.5. Paramètres déterminés

Nous avons déterminé les paramètres physico-chimiques et biologiques du compost obtenu au terme du compostage (après 18 mois), et aussi l'évaluation de la valeur agronomique et la maturité du produit fini, préalablement broyé à l'aide d'un mortier (fig. 4)



Figure 5. Le compost obtenu à la fin du compostage (image personnelle).

3.5.1. Paramètres physico-chimiques

Au cours de cet essai, des paramètres physico-chimiques mesurés sont : le pH, la conductivité, matière organique (MO%), l'ammoniac N- NH_3 , le COD, le carbone organique (%COT), l'azote (N%), et l'humidité (%H).

3.5.1.1. Mesure de pH et CE

➤ Préparation des suspensions à analyser

- Peser 10 g des échantillons (compost); introduire dans un erlenmeyer de 250 ml.
- Ajouter 100 ml d'eau distillée.
- Agiter pendant 30 minutes sur l'agitateur magnétique à l'aide d'un barreau.
- Laisser le mélange décanté environ 10 à 15 min.
- A la fin filtrer par un papier filtre jusqu'à l'obtention du filtrat clair.
- Puis mesurer les valeurs de chaque paramètre (pH et conductivité) de chacun des échantillons (voir annexe 1).

• Mesure de pH

Le PH (potentiel Hydrogène) permet d'évaluer la concentration de l'ion hydrogène dans une solution. Cette grandeur chimique mesure le caractère acide ou basique d'une solution aqueuse. (Kadri, 2012).

La détermination du pH est effectuée sur des suspensions aqueuses. Le pH a été mesuré par un pH-mètre (voir annexe 2).

- **Conductivité électrique**

La mesure de conductivité (CE) est une mesure de la capacité d'une solution à laisser passer le courant électrique à une température donnée, généralement 25 °C.

La CE est directement liée à la salinité du sol. (Hirai *et al.*, 1983) elle a été déterminée par un conductimètre exprimée en ms/cm (voir annexe 3).

3.5.1.2. Mesure humidité relative (H%)

C'est le pourcentage d'eau présent dans le compost. Le taux d'humidité est déterminé sur un échantillon de 10 g, après séchage dans une étuve à 105°C pendant 48 heures. (AFNOR, 2000). La méthode consiste en un prélèvement d'une quantité d'échantillon d'une masse de 10g d'échantillon (compost).

Ensuite, on met l'échantillon dans un creuset de céramique et incubée à l'étuve dessiccateur à température de 105 °C jusqu'à poids constant, environ 48 heures (Voir annexe 4).

Le taux d'humidité exprimé en pourcentage (Simpson, 1999), par la formule suivante:

Totale solide (%) = $(P_{tf} - P_0) / (P_{ti} - P_0) \times 100$ Formule 1
--

Où :

P 0 = poids de creuset.

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

Pt i =poids total initial de l'échantillon (10g +P0).

Humidité (%) = 100 % - Totale solide Formule 2

3.5.1.3. Mesure de matière organique

La matière organique désigne tous les composés organiques pouvant être dégradés durant le processus de compostage. La matière organique contient 58 % de carbone organique (Mustin, 1987).

- ❖ **Procédure de d'analyse**

- Mettre une masse voisine de 10g d'échantillon (compost) dans des creusets en céramique.

- Placer les creusets dans un four à moufle à température de 500°C et pendant 16 heures afin de calciner la matière organique (MO).

- Le taux de cendres est obtenu après destruction de la matière organique par calcination au four à moufle (voir annexe 5).

- Le taux de matière organique est d'abord calculé en pourcentage par la formule suivante

(Ghiti *et al.*, 2014) :

Les cendres (%) = $(P_{tf} - P_0) / (P_{ti} - P_0) \times 100$ Formule 3
--

Où : **P 0** = poids de creuset.

Pt f = poids total final de l'échantillon après la incinération.

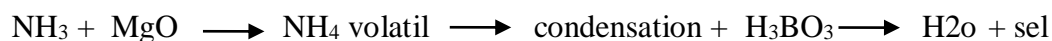
Pt i = poids total initial de l'échantillon (10g + P0).

Matière organique (%) = 100 % - cendres (%) Formule 4
--

3.5.1.4. Mesure de l'ammoniac N- NH₃

❖ Principe

Introduire 2 g d'échantillon, dans la colonne de distillation ; additionné de 10 ml KCl 2N, d'autre nous avons déjà pesé 0,1 g de MgO, qui sera ajouté avant de mettre la colonne au distillateur BÜCHI, parce que la réaction commence immédiatement.



Le KCl agit comme un agent d'extraction, et le MgO est un catalyseur de la réaction. Tous les échantillons doivent être analysés en triple pour chaque traitement afin d'obtenir des données suffisantes pour l'analyse statistique.

❖ Titration

- Dans une erlenmeyer de 250 ml on pipette 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.

- Le distillat est titré par une solution de 0,01 N 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 (voir annexe 6).

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

L'azote total est déterminé par la méthode Kjeldahl qui s'est déroulé sur deux étapes :

La minéralisation de l'échantillon par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur pendant 3heures (Keney et Nelson, 1982).

Une distillation et un titrage de l'ammoniac libéré se fait en dernière étape.

❖ Mode opératoire

a. La minéralisation

Dans chaque colonne de digesteur, nous avons mis 0,7 g d'échantillon sèche, et on laisse l'une des colonnes vide pour le blanc.

- Ajoutés 20 ml d'acide sulfurique concentré (attention danger).

- Verser l'acide lentement et agiter par rotation douce.

- Après peser un comprimé de 2,5 g de tablette catalytique

(Bremner et Mulvaney, 1982).

- Placer la colonne sur l'appareil de digestion et régler a chauffé d'abord à 360°C pendant 3 heures.

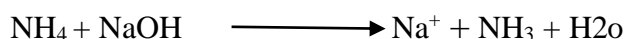
- Attendre que le milieu refroidir.

- Dans une fiole jugée de 500 ml, verser la solution de colonne puis ajouter l'eau distillée jusqu'à le tri de jauge.

b. La distillation

- Dans la colonne de distillation, nous avons versé 20 ml de la solution diluée avec 30ml de NaOH (30%).

- La distillation de l'ammonium est tentée par l'ajout de la soude : on cherche à transformer l'ammonium sous sa forme volatile, l'ammoniac.



NB. La soude est ajoutée en excès afin de changer le pH acide en un pH basique, ce qui a pour effet d'obtenir de l'ammoniac. L'ammoniac est entraîné par la vapeur d'eau par distillation.

c. Titration

- Dans une erlenmeyer de 100 ml on verser 5 ml d'acide borique 1 %.

- Puis ajouter 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 l'HCl 0,01 N, le point d'équilibre est indiqué par le virage de couleur verte vers une couleur légèrement grisâtre.

- Finalement, noter le volume de HCl
- faire 03 essais pour obtenir une valeur moyenne du titre (voir annexe 7).

3.5.1.6. Le carbone organique (COT %)

Le carbone organique est l'un des principaux constituants des déchets organiques compostés. Le carbone total est composé du carbone organique total (COT) et du carbone minéral sous forme de carbonates et bicarbonates (Navarro *et al.*, 1993).

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 :

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

3.5.1.7. Carbone organique dissous (COD)

➤ Procédure de d'analyse

- Peser 1 à 2g d'échantillon frais et mettre dans une solution de K_2SO_4 de concentration 0,5 mol.
- Mettre le mélange dans des erlenmeyers de 100 ml, puis couvrir au prafilm.
- Agiter à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 1 heure à 200 tour/min.
- Laisser décanter pendant 15 à 30 min.
- Après filtrer à travers un papier filtre.
- Ensuite; dans des tubes de 100x12cm mettre:
 - 2 ml de l'extrait.
 - 1ml de $K_2Cr_2O_7$ 1N.
 - 2ml d'acide sulfurique concentré sous l'hôte.
- Placer les tubes à l'étuve à 160°C pendant 15 à 30 min.
- Après laisser refroidir puis ajouter 1 ml de $BaCl_2$ 6 %, afin de précipiter l'excès de sulfates.
- A la fin, prendre 1 ml de chaque des tubes et verser dans des cuves pour la mesure des absorbances à 595nm à l'aide de Spectrophotomètre (voir annexe 8).

3.5.1.8. Dosage du phosphore assimilable (protocole I.T.D.A.S)**a. Extraction**

- Peser 4g de compost broyée et passée au tamis de 2 mm ; introduire dans un flacon d'agitation de 150 ml.

- Ajouter 100 ml de la solution d'oxalate d'ammonium 0.2 N.
- Agiter à l'aide d'un agitateur culbuteur pendant 2 heures.
- Filtrer à l'aide du papier filtre.

b. Dosage

Les dosages sont effectués sur un volume de 10 ml dans des tubes 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 minutes.
- Laisser refroidir et passer au spectrophotomètre à 825 nm (voir annexe 9).

NB. Pour les échantillons riches en orthophosphates (P₂O₅) ; on utilise un volume de prise d'essai inférieur à 1.5 ml. Dans ce cas ; on complète à 10 ml avec la solution d'acide ascorbique.

3.5.1.8. Dosage de calcium et magnésium par la méthode volumétrique à EDTA (protocole I.T.D.A.S)**a. Titration de la solution d'EDTA**

Dans trois bécher de 50 ml prélever :

- 10ml de la solution CaCO₃.
- 1ml de la solution NaOH.
- 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.

b. Dosage de Calcium+ Magnésium

Dans des béchers de 50ml prélever:

- 10ml de la solution de l'échantillon.

- 1ml de la solution tampon PH 10.
- Une pince de mélange Eriochrome Noir T.
- Titrer avec la solution d'EDTA jusqu'à coloration bleue.
- Noter le volume V de l'EDTA.

c. Dosage de Calcium

Dans des béchers de 50ml prélever :

- 10ml de la solution de l'échantillon.
- 1ml de la solution NaOH à 2.5 N.
- Une pince de mélange de Murexide.
- Titrer avec la solution d'EDTA jusqu'à coloration bien violet.
- Noter le volume V de l'EDTA. (Voir annexe 10)

➤ Expression des résultats:

$X_{\text{mé}/100\text{g}} = N \cdot V_{\text{EDTA}} \cdot 100\text{ml} \cdot 100\text{g} / 20\text{g} \cdot \text{Prise d'essai (10ml)}$.

$\text{Ca} + \text{Mg} = N \cdot V_{\text{EDTA}} \cdot 100\text{ml} \cdot 100\text{g} / 20\text{g} \cdot \text{prise d'essai (10ml)} = X_1 \text{ mé}/100\text{g}$.

$\text{Ca} + \text{Mg} = V_{\text{EDTA}} \cdot 1.02 = X_1 \text{ mé}/100\text{g}$.

$\text{Ca} = V'_{\text{EDTA}} \cdot 1.02 = X_2 \text{ mé}/100\text{g}$.

$\text{Mg} = X_1 - X_2$.

3.5.2. Paramètres biologique analysés

La microbiologie du compostage est complexe dans sa description à cause des grandes variations des populations suite aux changements physico-chimiques (pH, température, etc.) (Leclerc, 1997).

Le but des tests biologique est pour l'évaluation de la maturité du compost par la présence ou l'absence des germes décomposeur, et de leurs activités.

3.5.2.1. Mesures de la respiration du compost

Au cours du compostage, les micro-organismes aérobies décomposent la matière organique et produisent du gaz carbonique (CO₂), Où une partie de la matière organique biodégradable est intégrée par les micro-organismes, pour leur croissance, comme matériau cellulaire et la partie résiduelle est oxydée en présence d'oxygène pour fournir de l'énergie (Tremier *et al.*, 2007).

Un compost non mûr a une demande en O₂ et un taux de production de CO₂ importants, dus à une intense activité microbienne provoquée par la biodégradabilité du substrat (Bernal *et al.*, 1998).

❖ **Respiration BASAL**

La respiration basale est définie comme respiration microbienne sans ajout de nutriments.

En effet, le CO₂ produit lors de la décomposition de la matière organique reflète l'activité respiratoire aérobie de l'ensemble des organismes du sol.

La mesure de la respiration fait par le protocole suivant :

- Mettre dans une boîte de 250 ml :
 - 5 g d'échantillon frais (compost).
 - 20 ml de la solution préparée de NaOH (20 mmol).
- Puis incuber dans une étuve dessiccateur à température 25 °C pendant 2 h.
- Mettre la solution préparée d'HCl (10 mmol) dans une burette afin d'effectuer la titration.

➤ **La Titration**

Le CO₂ produit à partir de l'échantillon était piégé dans NaOH 20 mmol et ensuite mesurée par titrage avec HCl 10 mmol.

- Dans une burette mettre la solution préparée d'HCl (10 mmol)
- D'autre part, dans une erlenmeyer mettre:
 - 5 ml NaOH
 - 1 ml Cl₂Ba.
 - 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine.
- Titration avec la solution d'HCl (10 mmol) jusqu'à le virage au blanc (rose → blanc).
(Voir annexe 11)

Faire 03 essais pour obtenir une valeur moyenne de titre. (Anderson, 1982 ; Aira *et al.*, 2007)

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

$$[\text{CO}_2] \text{ mg} = (\text{Vb} - \text{Ve}) \times 22 \times [\text{HCl}] \times 4 \dots \dots \dots \text{Formule 6}$$

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

Ve : volume HCl pour l'essai.

22 : le poids molaire de CO₂.

4 : facteur de dilution.

Le CO₂ est exprimé en mg par la formule suivante :

$$[\text{CO}] \text{ mg} = [\text{CO}] \text{ mg /h. p.s.} \dots \dots \dots \text{Formule 7}$$

3.5.2.2. Dénombrement des bactéries

La technique qui a été utilisée pour les dénombrements des cellules microbiennes viables, était celle qui consistait à diluer un échantillon de compost puis à l'étaler sur différents milieux de culture.

Pour des dénombrements de microorganismes totaux, on utilise des milieux riches en nutriments, contenant plusieurs sources de carbone et d'azote qui permettra la croissance d'un maximum de microorganismes.

Pour dénombrer des populations spécifiques, on utilise des milieux sélectifs ou différentiels qui permettent seulement la croissance des organismes voulus ou qui permettent la différenciation de certains microorganismes croissants sur le milieu de culture. (Atlas et Bartha, 1993).

a. Mise en culture

Dans une erlenmeyer de 250 ml contenant 90 ml d'eau physiologique stérile

(NaCl: 9 %) sont ajoutés aseptiquement 10 g de compost sec.

- Ce mélange est agité mécaniquement à l'aide de barreaux magnétiques pendant 30 minutes pour libérer le maximum de la charge microbienne.

- Puis laisser décanter pendant 10 min.

- La suspension obtenue correspond à la dilution 10⁻¹(solution mère) à partir du quelle on réalise les dilutions 10⁻² a 10⁻⁶.

Les milieux de cultures utilisés sont :

- Le milieu de Chapman: Pour les bactéries du genre Staphylococcus.
- Le milieu Mac Conkey: Pour les entérobactéries.
- Le milieu SS: Pour la Salmonelle, et Shigelle.
- Le milieu GN: pour la flore total (non-sélectif).

- Finalement, l'incubation à 37°C pendant 24h pour Staphylocoques et 37°C pour entérobactéries pendant 48h. (Voir annexe 12)

b. Dénombrement des bactéries

La détermination de la charge bactérienne est faite par comptage des colonies et les résultats sont exprimés en UFC (nombre d'Unités Formant Colonies) / g de compost selon la formule mathématique de norme ISO 7218 ci-dessous:

N.B. Seules les boîtes contenant entre 15 à 300 colonies au niveau de deux dilutions successives sont retenues pour le dénombrement.

$$N = \frac{\sum c}{(N1 + (0.1 N2) D)} \times \left(\frac{1}{v}\right) \times \left(\frac{V_{sm}}{V_{pr}}\right)$$

Où:

N : nombre de bactéries/g ou par litre.

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.

V_{sm} : volume de la solution mère.

V_{pr} : volume de prélèvement du produit.

3.5.3. Les tests d'évaluation de la maturité du compost

3.5.3.1. Test de phytotoxicité

Les tests de phytotoxicité restent le meilleur moyen d'évaluation de la toxicité des composts et permet de distinguer facilement un compost mûr d'un compost immature (Mustin, 1987; Epstein, 1997).

Les plantes test les plus couramment utilisées sont le cresson (*Lepidium sativum*); nous avons déterminé l'effet de l'extrait aqueux du compost sur la germination des graines de cresson.

Le test de cresson est un test rapide qui donne une réponse en 5 jours, en raison de la sensibilité de cette espèce et aussi parce qu'il a une bonne réponse et sensibilité aux matières toxiques. La maturité est évaluée d'après le pourcentage de germination (Lamchouri, 2018).

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

- Préparation de l'extrait aqueux des échantillons à analyser 1/5.
- Agitation pendant 1 heure.
- Centrifugation à 4500 rpm pendant 15 min pour séparer les phases.
- Filtration le surnageant à l'aide d'un papier filtre, puis diluer à 30% qui sera utilisé comme milieu de germination.
- Pour chaque échantillon 10 boîtes de Pétri stériles sont utilisées. Chaque boîte est munie d'un papier Whatman n°1. Il est imbibé avec 2ml de l'extrait dilué à 30%.
- 10 graines de cresson sont utilisées dans chaque boîte de Pétri. Par ailleurs, 10 boîtes de Pétri sont préparées comme témoin, avec de l'eau distillée.
- Les boîtes sont incubées pendant 48h à l'obscurité à 20-25°C.
- Après les 48h la germination est inhibée avec 1ml d'éthanol.
- Le nombre de graines germées qui ont développé une racine de longueur minimale de 1cm sont prises en compte. (Voir annexe 13)
- Les résultats de ce test nous permettent de calculer de :

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

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

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

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

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

$$IG = (RSG \times RRG) \div 100$$

$$\text{d- Action pyto toxique(\%)} = 100\% - \text{l'index de germination(\%)}$$

3.5.3.2. Test de toxicité sur les vers de terre

Les vers de terre sont des organismes importants dans le développement et le maintien de la fertilité des sols, ils transforment les matériaux biodégradables et les déchets organiques en vermicompost riches en éléments nutritifs (Jansirani *et al.*, 2012). Celui-ci augmente la capacité de rétention d'eau, la porosité du sol.

Il est également riche en diversité microbienne, en nutriments, en régulateurs de croissance des plantes, et a des propriétés d'inhibition des microbes pathogènes (Gupta *et al.*, 2014; Mosa *et al.*, 2015).

Nous avons testé la toxicité sur les vers de terre pour assurer la maturité et la stabilité du compost par la méthode suivante.

Nous avons mis trois (03) vers de terres avec quinze grammes d'échantillons (compost) dans des boites de pétrie (Pour chaque réacteur nous avons fait 3 répétitions), laissées dans la chambre de culture pendant (03) à cinq (05) jours.

3.5.3.3. Test de germination (Compaoré *et al.*, 2010)

Ce test est basé sur le pouvoir germinatif et l'évaluation de l'effet du compost sur la faculté germinative des graines de deux plantes. Les plantes test utilisées sont blé et lentilles.

Il consiste à semer un même nombre de graines dans des pots contenant différents pourcentages de composts et de sables.

❖ Méthodologie

- Remplir 12 pots pour chaque culture (blé, lentilles) de différents mélanges du sable seul, du compost mélangé à du sable, et du compost seul.

- Planter 20 grains de chaque culture dans des pots en plastique.

Les traitements étaient les suivant

T0 : sable seul.

T1 : 3/4 sable + 1/4 compost.

T2 : 1/4 sable + 3/4 compost.

T3 : compost seul.

- Arroser les pots tous les jours à l'eau distillée afin de maintenir l'humidité du sol entre 60 et 80% de la capacité au champ.

- Récolter après 2 semaines pour le blé et après 10 jours pour lentilles et compter le nombre de germes.

- La maturité du compost évaluée suivant le pourcentage de germination des différents traitements par rapport au témoin.

Les résultats du témoin (sable seul, ou lentilles seul) pris comme référence et considérés comme 100%.

Les résultats de ce test nous permettent de calculer de (WHO, 1978):

$$\% \text{ de germination} = \frac{N_t}{20} \times \frac{N_c}{20} \times 100$$

Où :

N_t= nombre de grains germés dans le traitement

N_c= nombre de grains germés dans le témoin.

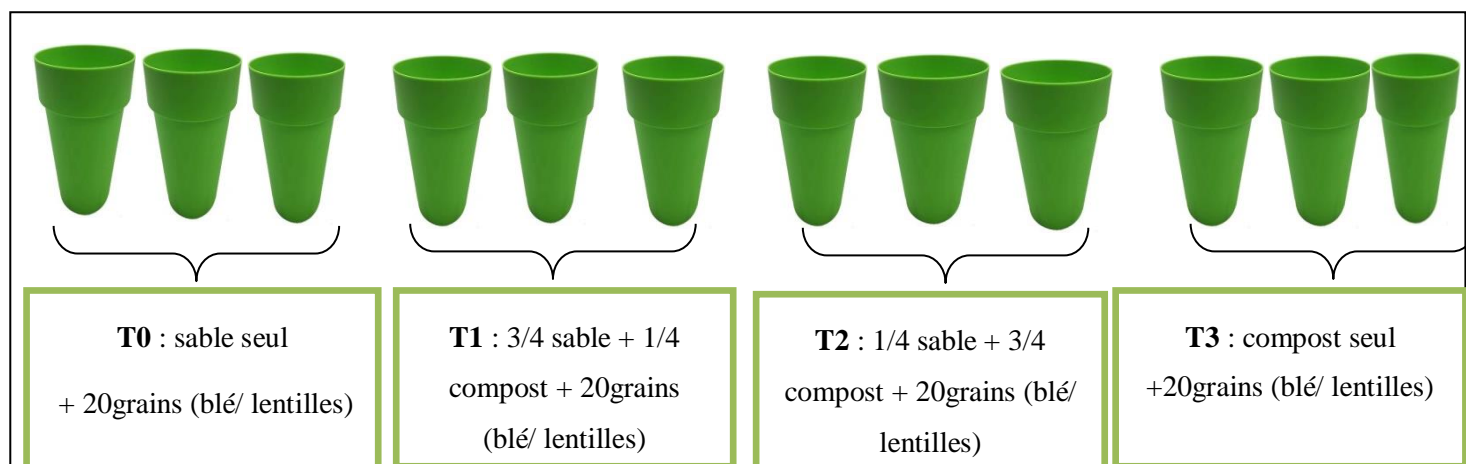


Figure 5. Plan d'expérience pour le test de germination utilisé (Expérimentation Personnelle).

3.6. Analyse des résultats

Notre étude, pour mieux analysé les résultats obtenus sont traité par une analyse statistique des données réalisée avec le logiciel IBM SPSS licence locale pour la version 20. L'analyse des données sont réalisées par le test ANOVA.

4.1. Résultats des analyses physico-chimiques du compost avant et après compostage

Le tableau 4 représente les moyennes et les déviations standards des paramètres physico-chimiques et biologiques du compost avant et après compostage (18 mois).

Tableau 4. Les moyennes et SD \pm des paramètres physico-chimiques et biologiques du compost avant et après compostage (18mois).

Paramètre mesuré	Traitement	Moyennes	SD\pm
pH	avant compostage	7,03	0,014
	après compostage 18 mois	6,84	0,084
conductivité électrique (ms/cm)	avant compostage	1,055	0,035
	après compostage 18 mois	3,345	0,007
Humidité relative en %	avant compostage	41,800	0
	après compostage 18 mois	3,635	0,516
Matière organique en %	avant compostage	62,500	0,707
	après compostage 18 mois	36,700	3,252
carbone organique en %	avant compostage	31,25	0,353
	après compostage 18 mois	18,35	1,626
Carbone organique dissous	avant compostage	693,630	25,374
	après compostage 18 mois	3825,00	106,066

Paramètre mesuré	Traitement	Moyenne	SD±
Azote total en %	avant compostage	0,880	0,070
	après compostage 18 mois	1,750	0,353
rapport C/N	avant compostage	35,642	3,265
	après compostage 18 mois	10,608	1,213
N-NH₃⁺ (mg/Kg ps)	avant compostage	29,587	5,528
	après compostage 18 mois	1,197	0,369
Calcium mg/l	avant compostage	412	0
	après compostage 18 mois	236	5,656
Magnesium meq/l	avant compostage	26,400	0
	après compostage 18 mois	57,600	30,547
Phosphates mg/l	avant compostage	13,727	0
	après compostage 18 mois	8,796	1,030
	après compostage 18 mois	241,5	2,121
	après compostage 18 mois	321,2	18,667

4.2. L'évolution des paramètres physico-chimiques du compost avant et après le compostage (18 mois)

4.2.1. Le pH

Nous avons mesuré le pH avant et après le compostage de 18 mois. La figure 7 représente l'évolution de moyennes de pH.

Nous avons remarqué qu'il y a une diminution de pH de compost après 18 mois de compostage. Les résultats obtenus avant le compostage sont de $(7,03 \pm 0,014)$ par contre le pH est diminué à $(6,84 \pm 0,084)$ après 18 mois de compostage.

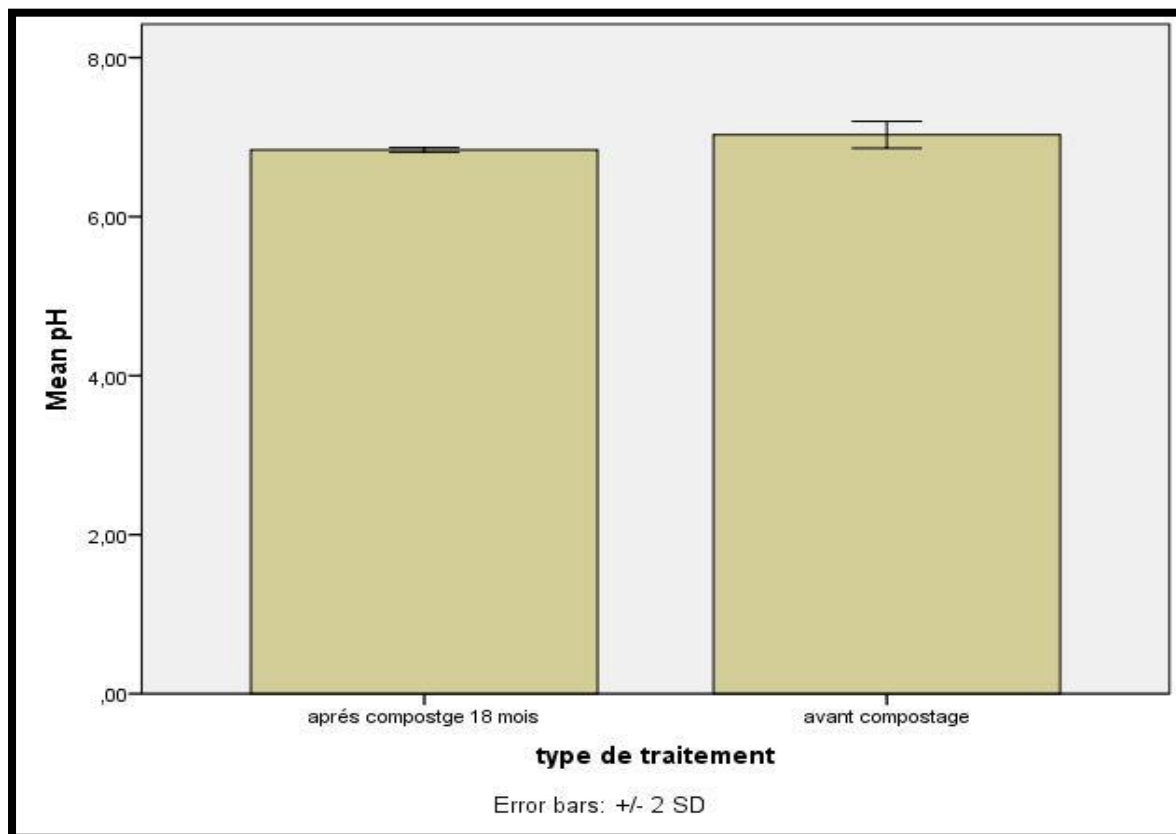


Figure 6. Histogramme présenté l'évolution des moyennes des pH avant et après compostage.

L'analyse de l'ANOVA (Tab.5) montre qu'il n'y a un effet significatif ($P > 0,000$) du traitement sur le PH du compost.

Tableau 5. Résultats de l'ANOVA pour la variable de PH.

PH	ddl	F	P
Effet de traitement	1	9,757	0,089

Au début du processus de compostage, la valeur du pH des matériaux compostés baisse à cause de la formation des acides organiques. Le pH augmente ensuite rapidement pour atteindre des valeurs nettement basiques suite à la libération d'ammonium provenant de la

dégradation de la matière organique. À la fin de compostage (phase de maturation), le pH s'équilibre vers la neutralité. (Nakasaki *et al.*, 1993).

Les études réalisées par Garcia *et al.* (1992) et ; Nakasaki *et al.* (1993) Iannotti *et al.* (1994) indiquent que la valeur du pH d'un compost mûr se situe normalement entre 7 à 8.

Selon Bernal *et al.* (2009), le pH parmi les indicateurs indépendamment de la détermination de la maturité et la qualité d'un compost.

4.2.2. La Conductivité électrique

Nous avons mesuré la conductivité avant et après le compostage de 18 mois. La figure 7 représente l'évolution de moyennes de conductivité.

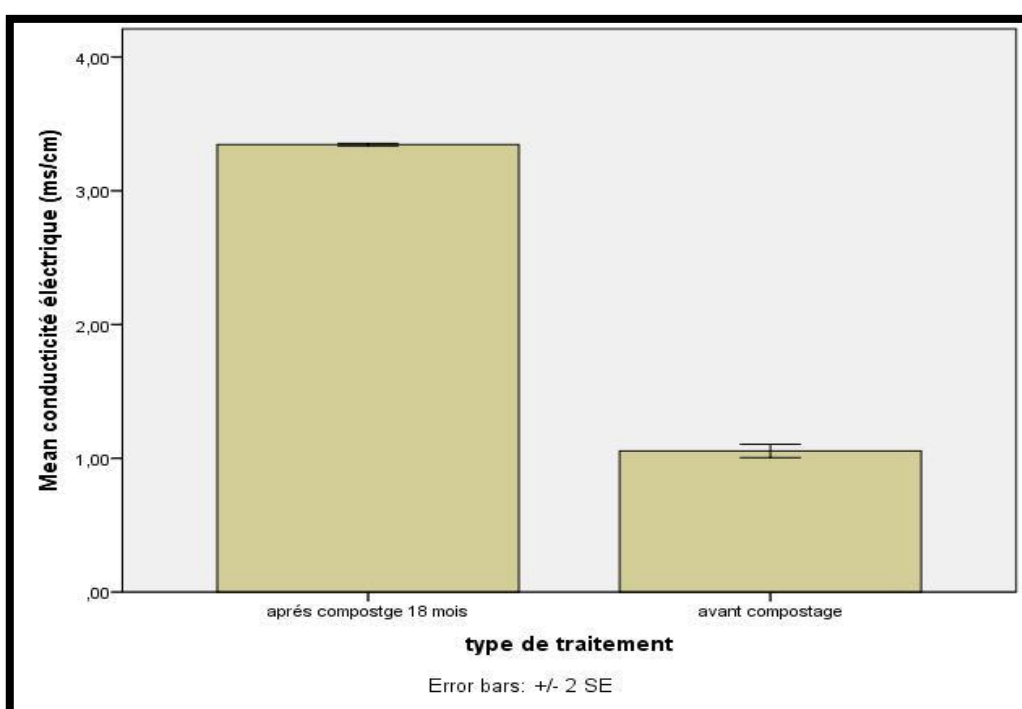


Figure 7. Histogramme présenté l'évolution des moyennes des CE avant et après compostage.

Nous avons remarqué qu'il y a une augmentation de la moyenne de la conductivité du compost après 18 mois du compostage. Les résultats obtenues avant le compostage sont de (1.055 ms/cm \pm 0,03) par contre les résultats est de (3,345 ms/cm \pm 0.007) après 18 mois du compostage.

L'analyse de l'ANOVA (Tab 6) montre qu'il y a un effet très significatif ($P > 0,000$) du traitement sur la conductivité électrique du compost.

Tableau 6. Résultats de l'ANOVA pour la variable CE.

CE (ms/cm)	ddl	F	P
Effet de traitement	1	8067,846	0,000

L'augmentation initiale de la CE pourrait être causée par la libération de sels minéraux tels que les phosphates et les ions ammonium, le magnésium, le potassium, et le phosphore par la décomposition des substances organiques (Gómez-Brandón *et al.*, 2008).

Aussi que leur augmentation expliquée par la minéralisation de la matière organique.

D'après Guedira *et al.* (2012) la conductivité électrique (CE) peut être un bon indicateur de la teneur des composts en nutriments, souvent quand celle ci est élevée, cela signifie plus d'éléments minéraux.

4.2.3. L'humidité relative, matière organique, Carbone organique et l'azote

Nous avons mesuré l'humidité (H %), la matière organique (MO %), le Carbone organique (COT %) et l'azote total avant et après le compostage de 18 mois. La figure suivante représente l'évolution de moyennes des ces paramètres mentionné.

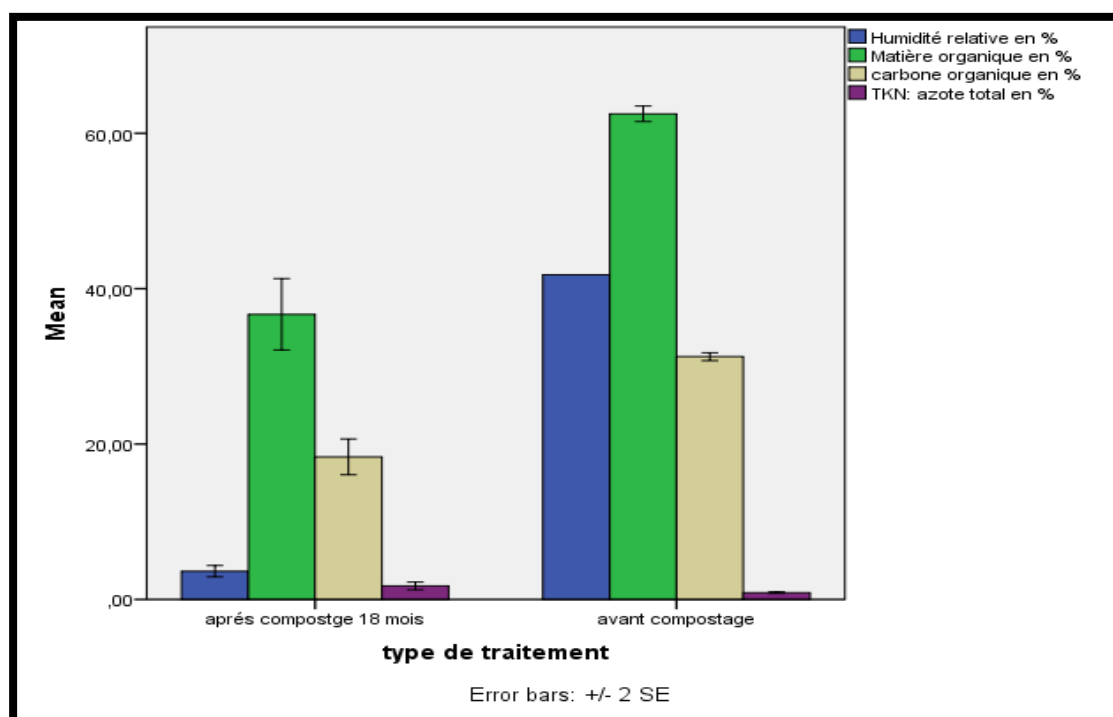


Figure 8. Histogramme présenté l'évolution des moyennes de H%, MO%, COT%, l'azote total avant et après compostage.

4.2.3.1. L'évolution de l'humidité relative (H%)

A partir de figure 8 nous avons remarqué qu'il y a une diminution de la moyenne de l'humidité du compost après 18 mois du compostage. Les résultats obtenus avant le compostage sont de $(41,800 \pm 0)$ par contre les résultats est de $(3,635 \pm 0.516)$ après 18 mois du compostage.

L'analyse de l'ANOVA (Tab 7) montre qu'il y a un effet très significatif ($P > 0,000$) du traitement sur l'humidité relative du compost.

Tableau 7. Résultats de l'ANOVA pour la variable de H%.

Humidité relative en %	ddl	F	P
Effet de traitement	1	10933,137	0,000

Les résultats de Chennaoui *et al.* (2016) montrent que le taux d'humidité diminue significativement au cours du temps, environ 70% dans le compost jeune, il n'est plus que de 10% dans le compost mûr, et Jemali *et al.* (1996) attribue 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

Larbi (2006) est souligné qu'outre l'âge du compost jouent un rôle important dans le degré et la vitesse d'humification de la matière organique.

4.2.3.2. Evolution de la matière organique (MO%)

A partir de figure 8 nous avons remarqué qu'il y a une diminution de la moyenne de la matière organique du compost après 18 mois du compostage. Les résultats obtenus avant le compostage sont de $(62,500 \pm 0,707)$ par contre les résultats sont de $(36,700 \pm 3,252)$ après 18 mois du compostage.

L'analyse de l'ANOVA (Tab 8) montre qu'il y a un effet très significatif ($P > 0,008$) du traitement sur la matière organique du compost.

Tableau 8. Résultats de l'ANOVA pour la variable de MO%.

matière organique en %	ddl	F	P
Effet de traitement	1	120,151	0,008

Selon Atkinson *et al.* (1996) et Canet et Pomares (1995) et Iannotti *et al.* (1994) la minéralisation de la matière organique entraîne une diminution des teneurs en matières organiques au cours du compostage. Cette diminution causée par l'activité des microorganismes qui sont utilisées les substances organiques nécessaires à leur métabolisme. Les composts se caractérisent donc par des teneurs en matière organique inférieures à celles des déchets bruts. La diminution relative de MO est très variable et dépend des conditions de compostage et de sa durée.

Elle est considérée par certains auteurs tels que Larbi (2006) comme un paramètre de qualité et de maturité des composts. De même, Mustin (1987) voit que, dans le cas des composts, la teneur en MO dépend essentiellement de son degré de maturité.

4.2.3.3. Evolution du carbone organique total (COT %)

Nous avons remarqué dans la figure 8 qu'il y a une diminution de la moyenne du carbone organique total du compost après 18 mois du compostage. Les résultats obtenue avant le compostage indique que la moyenne de COT % est de $(31,25 \pm 0,353)$ par contre les résultats est de $(18,25 \pm 1,626)$ après 18 mois du compostage.

L'analyse de l'ANOVA (Tab 9) montre qu'il y a un effet très significatif ($P > 0,008$) du traitement sur le carbone organique total du compost.

Tableau 9. Résultats de l'ANOVA pour la variable de COT %.

Carbone organique en %	ddl	F	P
Effet de traitement	1	120,151	0,008

Le carbone organique compose la moitié de la matière organique, la principale raison de cette diminution est due à l'utilisation des micro-organismes du milieu des substances organiques indispensables à leur métabolisme, conduisant à la minéralisation en dioxyde de carbone (CO₂). (He *et al.*, 2000).

Selon Kaiser (1983) deux tiers du carbone sont dégagés sous forme de CO₂, tandis qu'un tiers est assimilé par les microorganismes pour leur métabolisme.

3.2.34. Evolution du l'Azote total

Nous avons mesurées l'azote total (Ntot) des échantillons avant et après le compostage (18 mois).

A partir de figure 9, nous avons observé une faible augmentation de la moyenne de l'azote (%) après 18 mois de compostage ($1,750 \pm 0,353$), qu'avant le compostage ($0,880 \pm 0,070$).

L'analyse de l'ANOVA (Tab 10) montre qu'il y a un effet très significatif ($P > 0,007$) du traitement sur l'Azote total du compost.

Tableau 10. Résultats de l'ANOVA de la variable Ntot.

Azote total en %	ddl	F	P
Effet de traitement	1	11,644	0,007

D'après Mustin (1987), l'augmentation du pourcentage d'azote total lors du processus de compostage vient de la dégradation des protéines des matériaux de départ sous l'effet de la chaleur et de l'action des microorganismes. On peut aussi supposer qu'une partie de l'augmentation de l'azote vient des résidus des microbes et bactéries qui se sont multipliés notamment pendant la première phase du processus du compostage.

D'autre par Selon FAC (1995), la teneur en azote doit être comprise entre 0,92 et 2,76% et la valeur minimale en azote imposée par la Directive de la Communauté Européenne est de l'ordre de 0,6% alors que la valeur maximale imposée par la norme NF U 44-051 est d'environ 2% (Vanai, 1995).

Les résultats obtenus après 18 mois de compostage de la moyenne de l'azote total est selon les normes indique par plusieurs référence, et cette teneur peut varier avec l'âge du compost.

4.2.4. Carbone organique dissous (COD%)

Nous avons mesuré le carbone organique dissous avant et après le compostage de 18 mois. Les résultats obtenus de l'évolution représentée dans la figure suivante représente l'évolution de moyennes de COD.

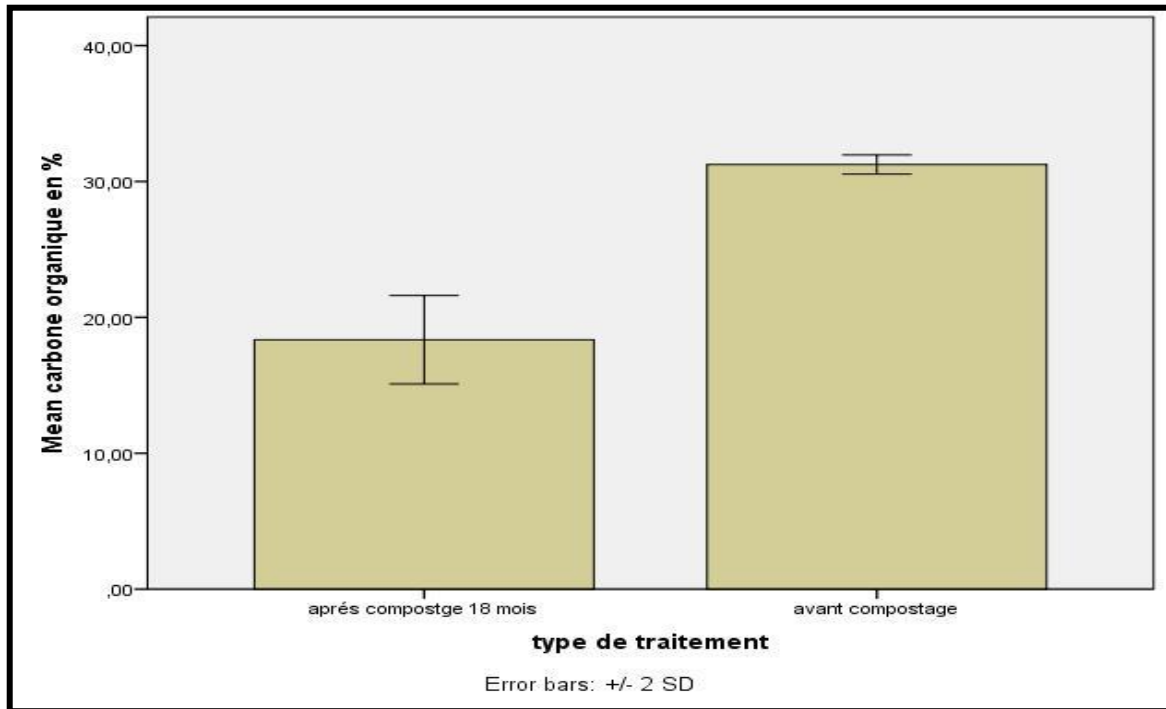


Figure 9. Histogramme présenté l'évolution des moyennes de COD ($\mu\text{g/g ps}$).

A partir de figure 9 nous avons remarqué que la moyenne de COD avant le compostage est ($693,6305 \mu\text{g/g ps} \pm 25,37$) et diminuée a ($382,500 \mu\text{g/g ps} \pm 10,606$) après 18 mois de compostage.

L'analyse de l'ANOVA (Tab 11) montre qu'il y a un effet très significatif ($P > 0,001$) du traitement sur COD du compost.

Tableau 11. Résultats de l'ANOVA de la variable COD.

COD en $\mu\text{g/g ps}$	ddl	F	P
Effet de traitement	1	1648,829	0,001

Le carbone organique est dégradé par des microorganismes hétérotrophes, leur fournissant ainsi une source d'énergie et une source de Carbone pour la constitution des cellules microbiennes. Le dioxygène est consommé, comme accepteur d'électrons, tandis que le carbone est minéralisé sous forme de CO_2 (Denes, 2014).

Selon les résultats de Tremier *et al.* (2007) que le COT soluble, sa concentration diminue pendant toute la durée du traitement. Ceci indique que la biodégradabilité de la matière.

4.2.5. Le rapport C/N

Nous avons mesuré le rapport C/N avant et après le compostage de 18 mois.

La figure 10 représente l'évolution de moyennes de C/N.

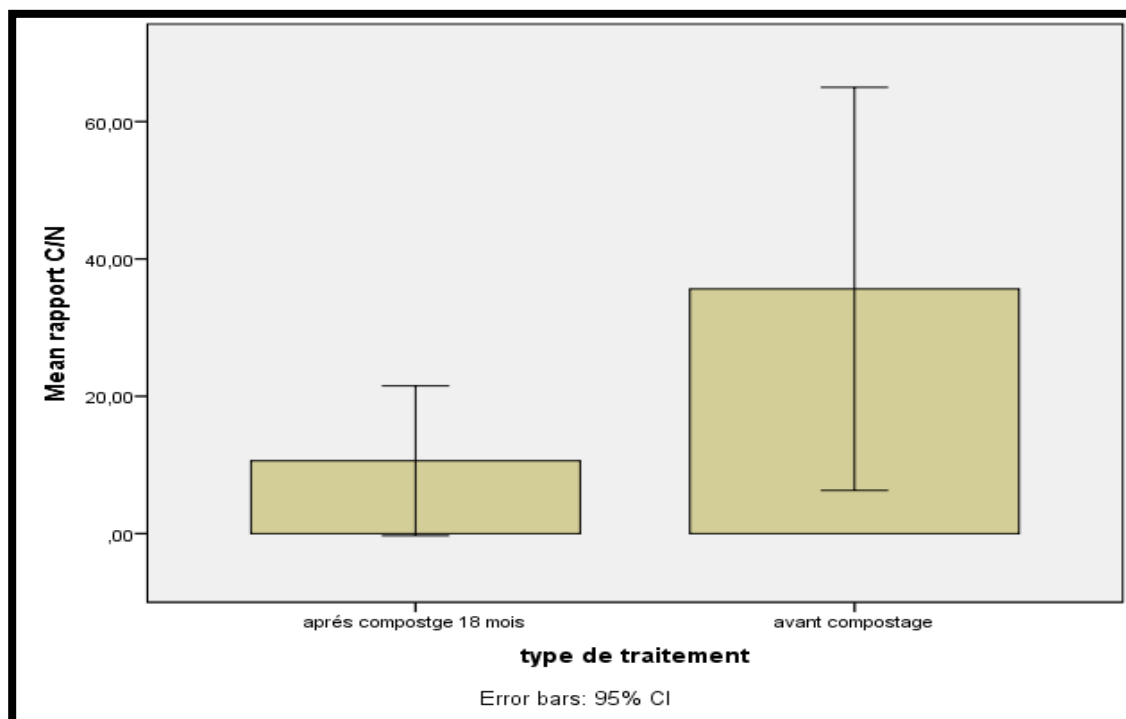


Figure 10. Histogramme présenté l'évolution des moyennes de rapport C/N.

A partir de figure 11 nous avons constaté que le rapport C/N avant le compostage est de $(35,642 \pm 3,265)$ et après 18 mois de compostage diminué jusqu'à $(10,608 \pm 1,213)$.

L'analyse de l'ANOVA (Tab 12) montre qu'il y a un effet très significatif ($P > 0,008$) du traitement sur le rapport C/N du compost.

Tableau 12. Résultats de l'ANOVA de la variable C/N.

le rapport C/N	ddl	F	P
Effet de traitement	1	103,259	0,009

D'après Annabi (2005) Le rapport C/N est fréquemment utilisé pour évaluer le processus de minéralisation de la MO.

Les bactéries utilisent le carbone comme source d'énergie et l'azote comme source protéique. Le procédé de compostage entraîne une décomposition de la M.O

Donc une consommation de l'azote et du carbone, correspondant à la diminution du rapport C/N. (Charnay, 2005).

Selon les résultats de Mustin (1987) le rapport C/N décroît constamment au cours du compostage pour se stabiliser vers 10 à 15 dans un compost mûr.

4.2.6. Le Calcium, Magnésium, Phosphate

Nous avons mesuré les éléments minéraux (P, Ca, Mg) avant et après le compostage. La figure 11 représentée les résultats obtenus aux cours de ce traitement biologique.

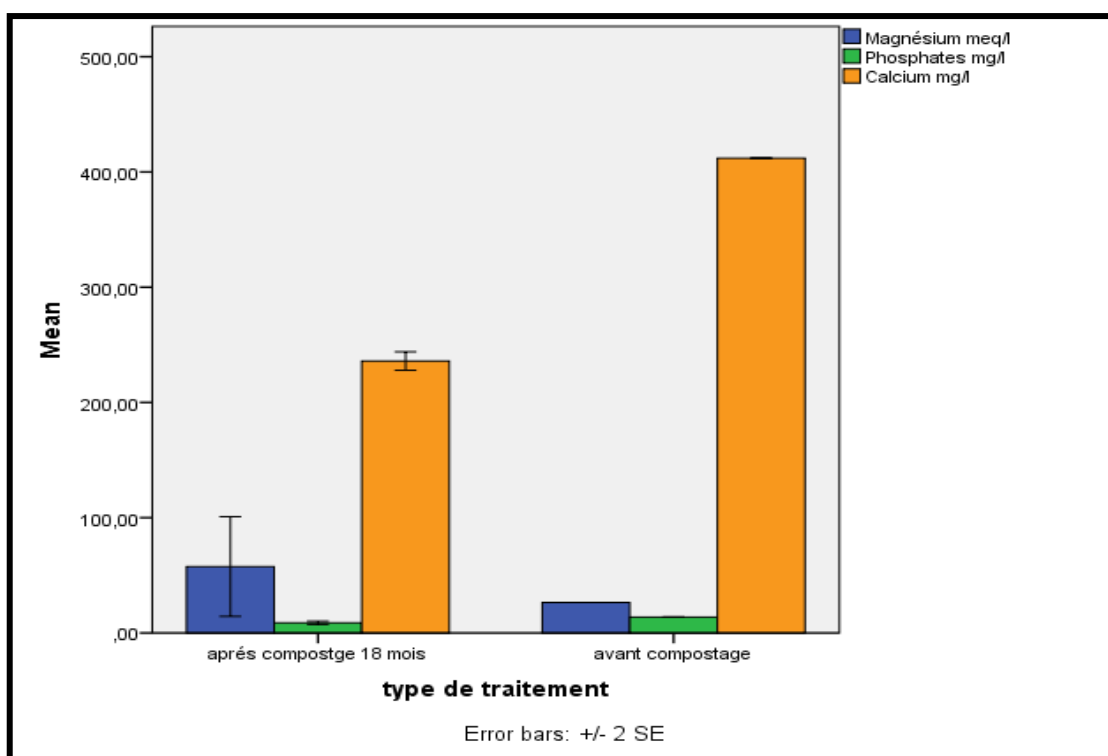


Figure 11. Histogramme présenté l'évolution des moyennes de Calcium, Magnésium, Phosphate et Ammoniac

➤ Calcium

Aux dépens de la figure 11 nous avons remarqué que la moyenne de Calcium avant le compostage est de (412 mg/l \pm 0) et diminuées après le compostage de (236 mg/l \pm 5,656).

L'analyse de l'ANOVA (Tab 13) montre qu'il y a un effet très significatif ($P > 0,000$) du traitement sur le calcium du compost.

Tableau 13. Résultats de l'ANOVA de la variable Calcium.

Calcium en mg/l	ddl	F	P
Effet de traitement	1	30976	0,000

Selon Ben Kheder (1998) Un excès en calcium peut nuire à l'absorption de du, Cu, Mn et Fe.

Le calcium joue un rôle déterminant sur les fertilités physique (stabilité des structures du sol), chimiques (désalinisation...) et biologique (activité de la biomasse microbienne...).

Il est aussi un élément nutritif pour les plantes.

➤ **Magnésium**

Au dépend de la figure 11, nous avons observées que la moyenne de le magnésium avant le compostage est (26,400 meq/l \pm 0) et augmente après le compostage pour atteindre à moyenne de (57,00meq/l \pm 30,54).

L'analyse de l'ANOVA (Tab 14) montre qu'il n'y a pas un effet significatif (P <0,285) du traitement sur le magnésium du compost.

Tableau 14. Résultats de l'ANOVA de la variable Mg.

Magnésium en mg/l	ddl	F	P
Effet de traitement	1	2,086	0,285

➤ **phosphate**

Dans la figure 11, nous avons remarqué que la moyenne de phosphate avant le compostage et de (13,727mg/l \pm 0) et après le compostage une petite diminution observée (8,769 mg/l \pm 1,030).

L'analyse de l'ANOVA (Tab 15) montre qu'il n'y a pas un effet significatif (P <0,021) du traitement sur le phosphore du compost.

Tableau 15. Résultats de l'ANOVA de la variable Phosphate.

Phosphate en mg/l	ddl	F	P
Effet de traitement	1	45,752	0,02

A partir des résultats obtenus de magnésium, calcium et phosphate et, Selon Chenu (2002). Les matières organiques sont une réserve d'éléments nutritifs (azote, phosphore, magnésium etc..) qui sont libérés dans le sol lors de leur minéralisation.

Soumare *et al.* 2003 indiquent que; les composts sont en effet des produits riches en matières organiques et également en composés minéraux (N, P, K, Ca, Mn, oligo-éléments,...) et à ce titre sont susceptibles d'améliorer la fertilité du sol.

D'autre part, certains microorganismes « solubilisateurs de phosphore » peuvent transformer le phosphore minéral insoluble en phosphore soluble et en phosphate organique.

Aussi, Les phosphates, présents dans les déchets à composter, au cours du compostage, sont incorporés à des molécules organiques, ce qui peut améliorer leur pouvoir fertilisant s'il s'agit de phosphates insolubles (Mustin, 1987).

Le potassium, le calcium, le magnésium, le soufre, sont contenus en quantités généralement suffisantes pour les besoins de la majorité des sols

4.2.7. L'ammoniac

Nous avons mesuré l'ammoniac avant et après le compostage. La figure 12 représentée les résultats obtenus aux cours de ce traitement biologique.

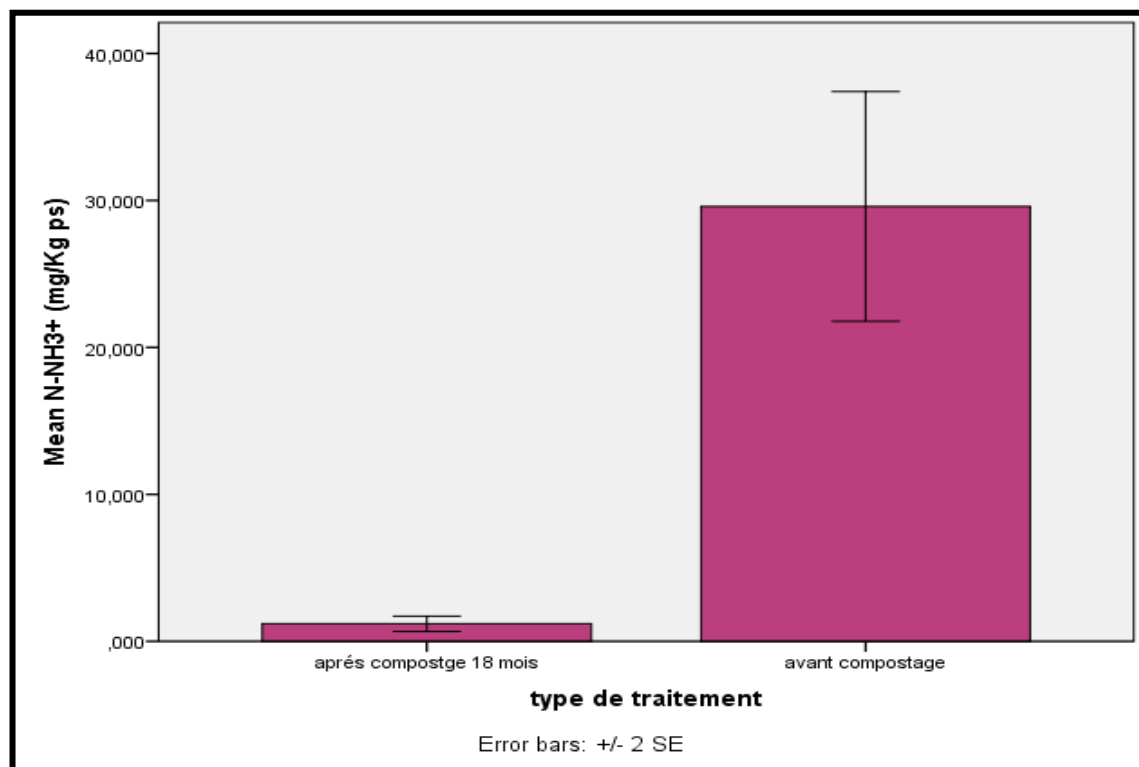


Figure 12. Histogramme présenté l'évolution des moyennes de l'ammoniac.

Nous avons mesuré l'ammoniac des échantillons avant et après 18 mois de compostage. La figure 12 représente l'évolution de moyennes de l'ammoniac.

Nous avons remarqué que la moyenne de l'ammoniac avant le compostage est de (29,587 mg/Kg ps \pm 5,528) par contre après 12 mois de compostage la moyenne est diminuée jusqu'à (1,197 mg/Kg ps \pm 0,369).

L'analyse de l'ANOVA (Tab 16) montre qu'il y a un effet très significatif ($P > 0,01$) du traitement sur l'ammoniac du compost.

Tableau 16. Résultats de l'ANOVA de la variable Ammoniac.

Ammoniac en mg/Kg ps	ddl	F	P
Effet de traitement	1	52,516	0,01

La diminution de l'ammoniac au cours de compostage due à l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrite (nitritation), et l'oxydation du nitrite en nitrate (nitratisation) sous l'action des micro-organismes.

Selon Spohn (1978) Un compost très mûr contient beaucoup de nitrates et très peu d'ammoniaque alors que le compost non mûr contient de l'ammoniaque et peu de nitrates.

4.3. Résultats des paramètres biologiques

4.3.1. Etude de la respiration BASAL

Nous avons mesuré la respiration BASAL avant et après 18 mois de compostage, les résultats représentés par la figure 13

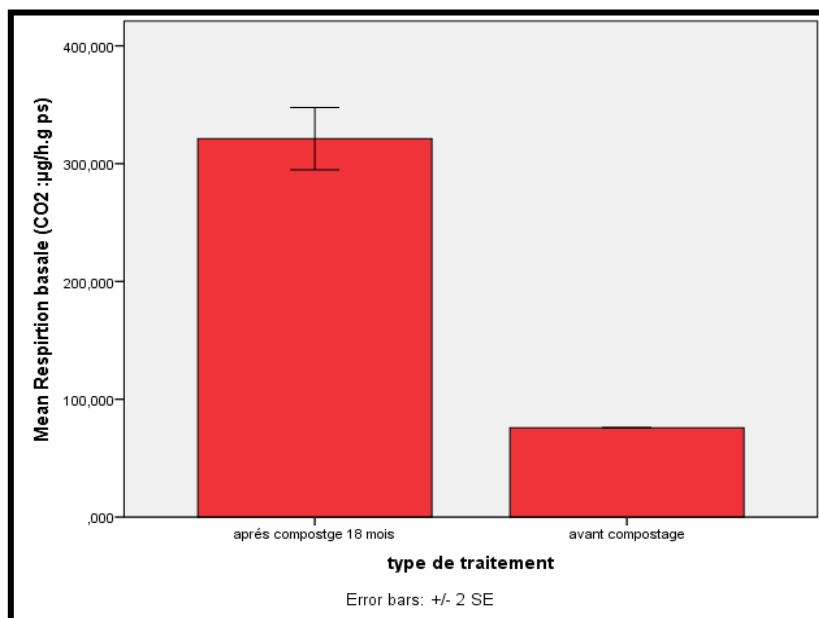


Figure 13. Histogramme montre l'évolution de respiration BASAL avant et après le compostage.

Nous avons remarqué dans (fig.12) que la moyenne de la respiration BASAL (CO₂) avant le compostage est de (75,682µg/h.g ps ± 0), par contre augmente après 18 mois de compostage a (321,2 µg/h.g ps ±18,667).

L'analyse de l'ANOVA (Tab 17) montre qu'il y a un effet très significatif ($P > 0,000$) du traitement sur la respiration BASAL du compost.

Tableau 17. Résultats de l'ANOVA de la variable CO₂.

respiration BASAL (CO ₂ : µg/h.g ps)	ddl	F	P
Effet de traitement	1	345,447	0,000

Au cours du compostage, une partie de la matière organique biodégradable est intégrée par les micro-organismes, pour leur croissance, comme matériau cellulaire et la partie résiduelle est oxydée en présence d'oxygène pour fournir de l'énergie. L'oxydation de la matière organique conduit également à la production de co-métabolites, tels que le dioxyde de carbone. La consommation d'oxygène et la production de dioxyde de carbone, dont les

évolutions sont similaires, sont donc directement reliées à la stabilisation de la matière. (Tremier *et al.*, 2007).

4.3.2. Résultat du Dénombrement de la flore bactérienne

Nous avons dénombré les Entérobactéries dans le compost avant et après traitement par compostage, les résultats sont regroupés dans le tableau 18.

Tableau 18. Les moyennes \pm SD de dénombrement de la flore bactérienne.

Les bactéries	Traitement	Moyenne	SD \pm
Entérobactéries UFC/g	Avant le compostage	6720000	141421,356
	Après compostage (18 mois)	0,000	0,000
Salmonelles, (UFC/g)	Avant le compostage	4050000	73500
	Après compostage (18 mois)	243	
Staphylocoque UFC/g	Avant le compostage	7170000	108000
	Après compostage (18 mois)	0,000	0,000

Au dépend de (tab. 18) nous avons remarqué que:

- Le nombre des colonies d'entérobactéries (UFC/g) avant le compostage est de (6 720 000 UFC/g \pm 141421, 3562). Notamment, après 18 mois de compostage, nous avons remarque une disparition complètement de ces germes.

- Le nombre des colonies des Salmonelles (UFC/g) avant le compostage est plus élevé (4 050 000 UFC/g \pm 73500), a cause de la richesse des fientes en Salmonelles. Par contre leur présence après 18 mois de compostage est négligeable (243 UFC/g).

- Le nombre des colonies des Staphylocoque (UFC/g) avant le compostage est de (7 170 000 UFC/g \pm 108 000), par contre après le compostage sont dépourvus.

L'analyse de l'ANOVA (Tab 19) montre qu'il y a un effet très significatif ($P > 0,000$) du traitement par compostage sur les entérobactéries.

Tableau 19. Résultats de l'ANOVA pour les entérobactéries.

Entérobactéries: UFC/g	ddl	F	P
Effet de traitement	1	4515,515	0,000

Au cours du processus de compostage réalisé, la flore microbienne varie considérablement, Par ailleurs, la densité bactérienne est toujours plus élevée quel que soit l'âge du compost.

Selon Barje *et al.* (2008) et Jouraiphy, (2007) et, Amir (2005) Amir *et al.* (2010) indiquent que l'évolution des micro-organismes est en fonction des stades de compostage, en fonction des espèces, à la nature, et la structure des substrats et aussi liée principalement aux variations des paramètres physico-chimiques.

Ces micro-organismes sont les plus attendus pour deux raisons principales : ils accélèrent le processus de décomposition et donnent un compost mûre, en éliminant les pathogènes transportés par divers composés de déchets. Ensuite ils sont continuent de dégrader les substrats comme la cellulose, la lignine, etc., pour obtenir en fin de cycle un compost stable (Tuomela *et al* 2000 ; Veeken *et al* 2001 ; Bolta *et al.*, 2003).

4.3.3. Caractères phénotypiques et identification des germes pathogènes du compost

Nous avons analysé la flore bactérienne avant le compostage et après 18 mois de compostage. Les résultats obtenus des différents germes et leurs caractères cultureux avant et après 18 mois de compostage sont illustrés dans le tableau 20.

Tableau 20. Résultats obtenu de la flore bactérienne avant et après le compostage.

Germes	Milieu spécifique	Avant le compostage	Après le compostage
Entérobactéries	Mac Conkey	Colonies rouges (roses): acidification du milieu souche lactose +	Absence des germes
Salmonelle et shigelle	Gélose SS	colonies incolores (souche lactose -) à centre noir : production d'H ₂ S	Colonies rouges (lactose +) Colonies incolore à centre noir (lactose -)
staphylocoques	Chapman	virage du milieu au jaune mannitol +	Absence des colonies

4.4. Résultats des testes d'évaluation de la maturité du compost

Après 18 mois de compostage, nous avons analysé la maturité du compost obtenus par des tests d'évaluation.

4.4.1. Résultats du teste de phytotoxicité

Nous avons mené un teste de phytotoxicité à la fin de compostage (après 18 mois), avec des grains de cresson (*Lipidum sativum*) pour évaluer la maturité de compost.

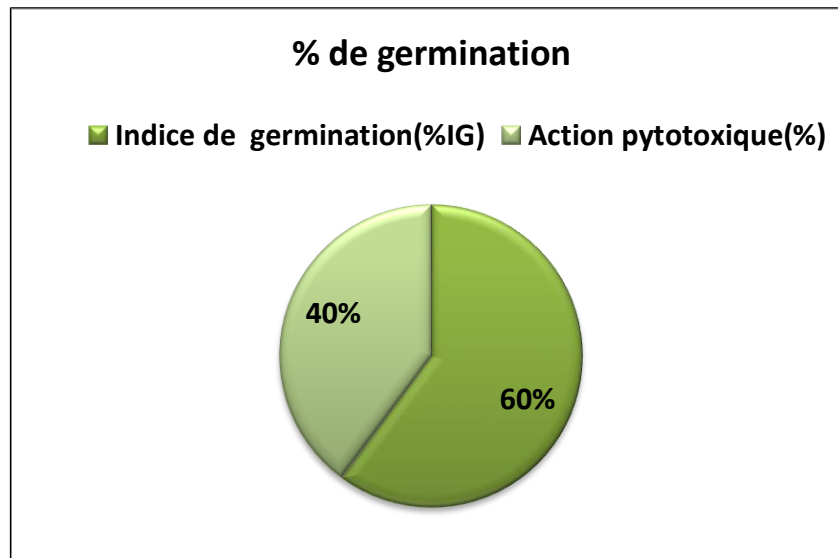
Ce test permettant la détermination des paramètres de germination et d'élongation de la racicule à savoir : la germination relative des grains (**RSG**), la croissance relative des racines(**RRG**), l'Indice de Germination (**IG**) et l'action pyto toxique (**AF**).

Les résultats obtenus sont illustré dans le tableau 21.

Tableau 21. Résultats du teste de phytotoxicité (%).

RSG(%)	RRG(%)	IG(%)	AF(%)
88,043	63,313	60,143	39,857

Ainsi, la figure 13 montre que le compost est mature et viable et non phytotoxique. En effet, le taux de germination(%) est supérieur à 50 %.

**Figure 14.** Evolution de taux de germination des cressons (%).

Selon Bertoldi *et al.* (1983). Les tests de phytotoxicité sont le seul moyen pour évaluer la toxicité d'un compost.

D'après Tang *et al.* (2006), L'effet phytotoxique du compost immature est dû à l'émission d'ammoniaque. En effet, les composts mûrs ne doivent pas présenter de substance empêchant la germination des graines et la croissance des plantes (Jimenez et Garcia, 1989).

A la lumière de ces résultats et selon Zucconi *et al.* (1981); les taux de germination des composts obtenus qui sont supérieurs à 50 % confirment leur maturité.

Chikae *et al.* (2007) indiquent que l'indice de germination (IG) de 50% est reconnu comme étant celui d'un compost sans effet phytotoxique.

4.4.2. Résultats du teste de toxicité sur les vers de terre

Nous avons testé la toxicité du compost obtenus après 18 mois de compostage sur les vers de terres à fin d'évaluer la maturité et la stabilité du compost. La figure 14 montrée les résultats obtenus après 3 jours d'incubation.

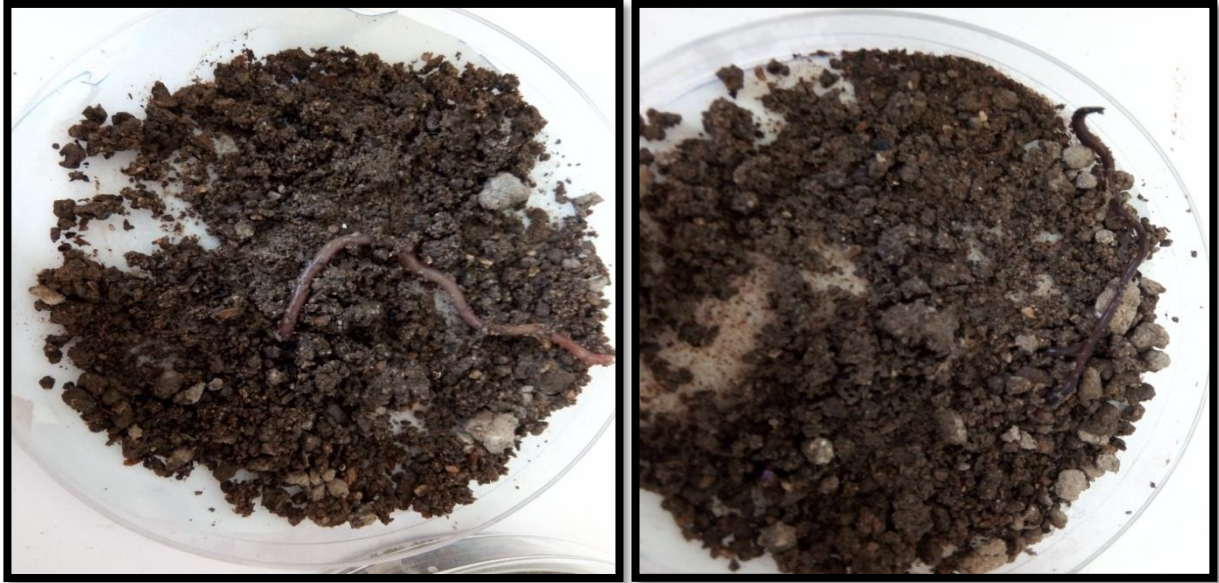


Figure 15. Résultats du teste de toxicité du compost sur les vers de terre.

Nous avons constatées que n'a pas de mortalité des vers de terres avant les 3 jours d'incubation, cela indique que le compost obtenu après 18 mois de compostage ne possède pas des effets toxiques sur les vers.

Donc le compost obtenu à partir des déchets de la fiente de pigeon et des papiers est stables et matures.

4.4.3. Résultats du teste de germination

Au cours de notre expérimentation nous, avons mené à la fin de compostage un teste de germination, avec des grains de blé, et de lentilles. Cet essai est mené pour tester la qualité et la maturité du compost des déchets de la fiente et des papiers. La figure 15 montre les résultats des les moyennes de % de germination de blé, et lentilles.

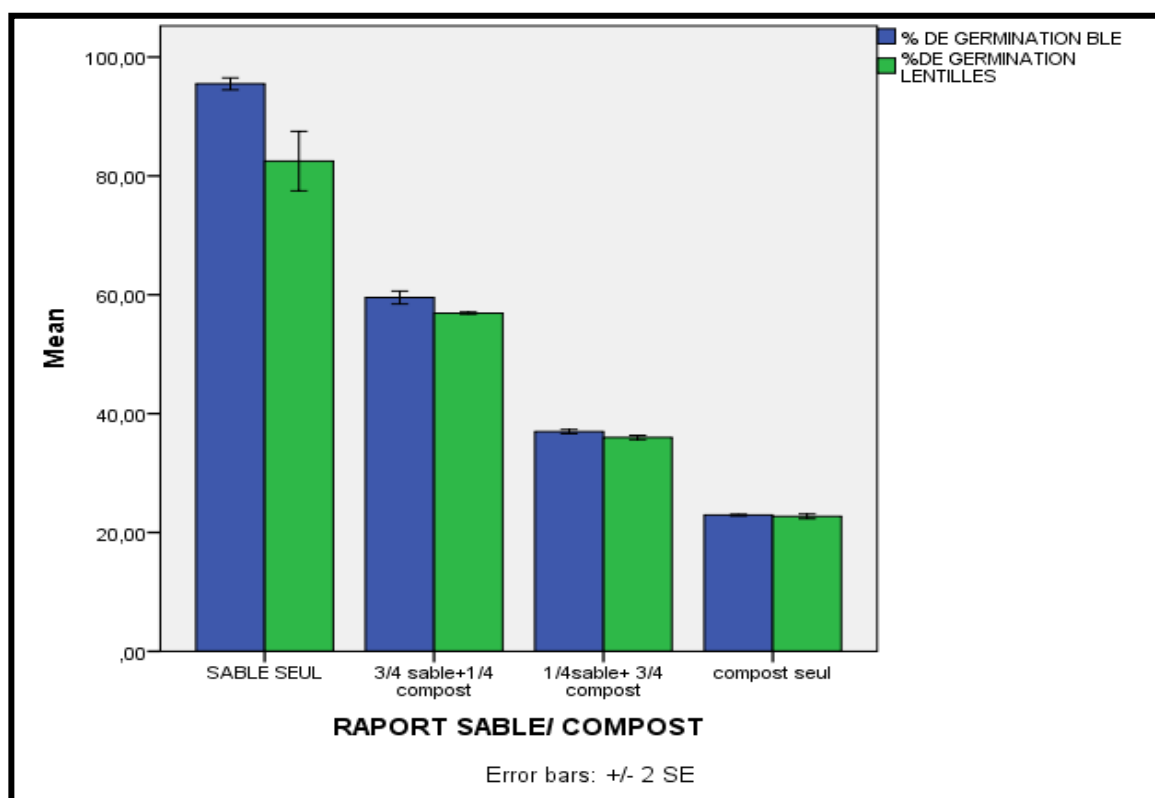


Figure 6. Histogrammes représenté l'évolution des moyennes de % de germination de blé et lentilles.

❖ A partir de (fig. 14), les résultats montre que :

- La culture sur sable seul (T0) a donné des taux de germination (%) de (95,5 % \pm 0,707) pour le blé, et de (82,500 % \pm 3,535) pour lentilles.
- L'incorporation d'une dose de 25 % (1/4) du compost au sable (3/4) a permis d'obtenir un taux de germination(%) de (59,54 % \pm 0,763) pour le blé, et de (56,915 % \pm 0,120) pour lentilles.
- La culture sur le substrat à 75% de compost (3/4) a donné un taux de germination de (36,98 % \pm 0,254) pour le blé et (35,98 % \pm 0,254) pour lentilles.
- Par contre, la culture sur 100% de compost a donné des taux de germination très faible de (22,92 % \pm 0,106) pour le blé, et de (22,70 % \pm 0,282) pour lentilles.

L'analyse de l'ANOVA (Tab 22) montre qu'il y a un effet très significatif ($P > 0,000$) du traitement par compost sur le % de germination.

Tableau 22. Résultats de l'ANOVA pour la variable de % de germination (blé, lentilles).

Traitement	ddl	F	P
%de germination blé	3	6919,414	0,000
% de germination lentilles	3	430,780	0,000

Selon les résultats obtenus par Compaoré *et al.* (2010) montrent que le taux de germination varie d'une part avec la dose de compost apportée et d'autre part avec le type de culture.

Par ailleurs, ATTRASSI *et al.* (2007) confirment que l'incorporation d'une dose de 33% de compost au sol permet un taux de germination de 85,71% pour le blé.

Ainsi, tous les mélanges que nous avons effectués, ne présentent pas de phytotoxicité pour les plantes, en effet le % de germination est supérieur à 50%.

Après les résultats obtenus et selon les normes de maturité de compost ; confirme que le compost obtenu est une réserve en nutriments et donc peut et doit servir comme amendement au sol.



Figure 7. Germination des grains de blés et des lentilles (test de germination).

Dans notre cadre d'étude, nous avons menés un traitement biologique des déchets des fientes de pigeons, et du papiers par le compostage à fin de réduire les volumes et les masses des déchets d'une part, et d'autre part la transformation d'un matériau à fin de vie en un produit d'intérêt agronomique, le compost.

Nos essais à été effectués au niveau de laboratoire du Département des Sciences de la Nature et de la Vie d'El-hadjeb (Université Mohamed Kheder Biskra).

Lorsque, nous avons réalisé des analyses physico-chimique et biologique, et des test de la maturité du compost obtenus après 18 mois de compostage et les résultats sont comparés à tel des résultats qu'avant le compostage, a fin d'évaluer la stabilité et la maturité de compost et le valorisé comme amendement fertilisant du sol.

Les résultats que nous avons obtenus montre que les paramètres physico-chimique tel que(le pH, la matière organique, le carbone organique...etc.) variable au cours de compostage, et affecté par le temps et par l'origine et l'âge de compost.

Cependant, les tests de germination du plante, et test de phytotoxicité par les grains de cresson, montrent que le taux de germination est supérieur de 50 %, tandis que le compost à testé n'est pas toxique aux vers de terres. Cela indiqué la stabilité et la maturité de compost.

A la fin, nous avons conclu que le compost à testé de bonne qualité en raisons de leur richesse en matière organique, et des éléments minéraux comme l'azote, le phosphore, le magnésium, le calcium qui sont essentiels pour la vie des plantes. En plus en peut l'utiliser comme engrais naturel pour l'amélioration de la fertilité du sol. Notamment, le compost contient des substances donnant plus de vigueur aux végétaux et augmentant ainsi leur résistance vis-à-vis de certains pathogènes.

En perspective, il est d'intérêt primordial de tester les extraits de compost pour la lutte biologique contre les agents phytopathogènes, et aussi l'utilise le compost pour réduire l'incidence de la fusariose des racines et du collet de la tomate.

1. A.D.A.S. 2005) Assessment of options and requirements for stability and maturity testing of compost.
2. Adani F., Genevini P.L., Gasperi F., Tambone F. 1999. Composting and humification. *Compost Science & Utilization*. 7:24-33.
3. Ademe .2001. Déchets organiques - Essai agronomique de plein champ d'un compost de déchets verts. résultats 8e année d'expérimentation, Paris, France.
4. Ademe. 2008. Guide pratique sur le compostage. L'amélioration de la porosité entraîne également une meilleure aération du sol et ainsi le développement de l'activité biologique. Paris, France.
5. AFNOR. 2000. Amendements du sol et support de culture-Préparation des échantillons pour les essais physiques et chimiques, détermination de la teneur en matière sèche, du taux d'humidité et de la masse volumique compactée en laboratoire. Association Française de Norma.
6. Aira M., Monroy F., Dominguez J. 2007. *Eisenia fetida* (Oligochaeta: Lumbricidae) Modifies the structure and physiological capabilities of microbial communities improving carbon mineralization during vermicomposting of pig manure. *Microbial Ecology* 54: 662-671.
7. Amir S. 2005. Contribution à la Valorisation de Boues de Stations d'Épuration par Compostage : Devenir des Micropolluants Métalliques et Organiques et Bilan Humique du Compost. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique, Toulouse, France, 312 pages.
8. Amir S., Abouelwafa R., Meddich A., Souabi S., Winterton P. 2010. with different proportions of household waste. *International Biodeterioration and Biodegradation* 64 : 614–621.
9. Anderson J. P. E. 1982. Soil respiration. In: Page AL Ed. *Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin 831-871.
10. Atkinson C. F., Jones D. D., Gauthier J. J.1996. Biodegradabilities and microbial activities during composting of municipal solid waste in bench-scale reactors. *Compost Science & Utilization* 4: 14-23.
11. Atlas R. M., Bartha R. 1993. *Microbial ecology: fundamentals and applications* The benjamidcummins publishing Company, inc. 390 Bridge Parkway, Redwood city, CA 94065.563 P.

12. Baltazar A. 2010. Propriétés physiques, chimiques, biologiques et nutritives des litières en élevage de volailles. Thèse de doctorat vétérinaire, École nationale vétérinaire, alfort, 184p.
13. Barje F., Amir S., Winterton P., Pinelli E., Merlina G., Cegarra J. 2008. Phospholipid fatty acid analysis to monitor the co-composting process of olive oil mill wastes and organic household refuse. *Journal of Hazardous Materials* 154 : 682–687.
14. Bayard R., Gourdon R. 2007. Traitement biologique des déchets .Edition : Techniques de l'ingénieur.
15. Bernal M. P., Navaroo M. A., Sanchez-Monedero M. A., Roig A., Cegaraa J. 1998. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 30(3): 305-313.
16. Bremner J. M., Mulvaney C. S. 1982 . Nitrogen-total. Dans : *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, 2nd edn Eds Page A.L, Miller R.H. and Keeney D.R. WI: American Society of Agronomy.
17. Brinton W. F. 2001 . "How compost maturity affects plant and roots performance in container grown media." *Journal of biodynamics*. 233: 22-27.
18. Calvet R., Chenu C., Houot S. 2011. Les matières organique des sols- roles agronomiques et environnementaux. Editions France Agricole.
19. Canet ., Pomares F. 1995. Changes in physical, chemical and physico-chemical parameters during thecomposting of municipal solid wastes in two plants in valencia. *Bioresource Technology* 51: 259-264.
20. Charnay F. 2005. Compostage des déchets urbains dans les pays en développement: élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de doctorat, Université de Limoges, 227 p.
21. Chennaoui M., Salama Y., Makan A., Mountadar M. 2016. alorisation Agricole D'un Compost Produit À Partir Du Compostage En Cuve Des Déchets Municipaux. *European Scientific Journal*, ESJ 12(35): 247-265.
22. 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: 364-369.
23. Compaoré E., Nanema L. S., Bonkougou S., Sedogo M. P. 2010. Évaluation de la qualité de composts de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso pour une utilisation efficiente en agriculture. *Journal of applied biosciences* 33: 2076-2083.

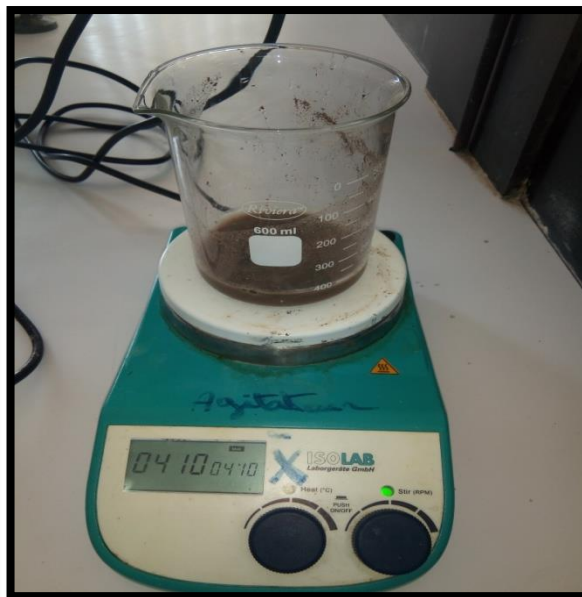
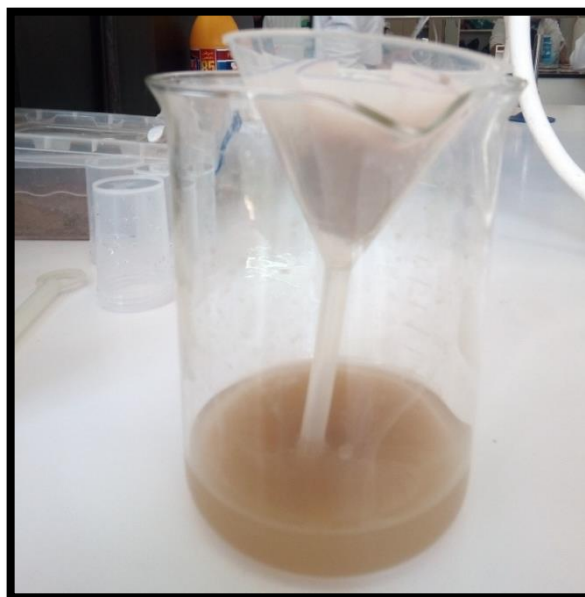
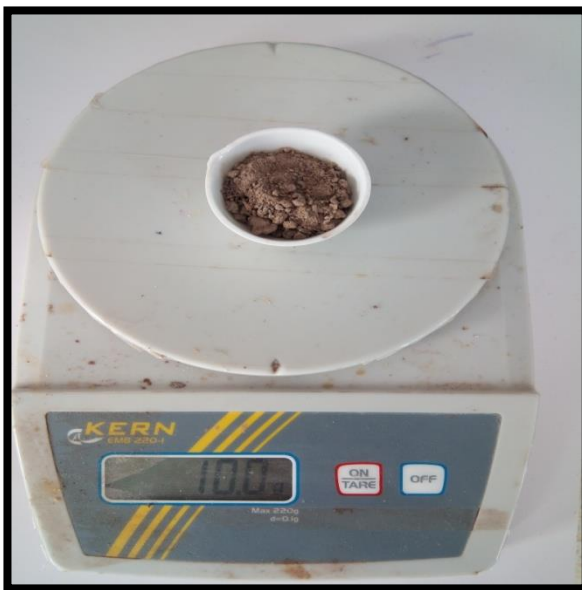
24. Damiem A. 2006. guide du traitement des déchets. 4^{ème} édition, paris, Dunod.
25. Das k., Keener H. M. 1997. Moisture effect on compaction and permeability in composts. *Journal of environmental engineering* 123(3): 275-281.
26. Denes J. 2014. Modelisation couplee des phases de traitement par compostage et de recyclage agricole des matieres organiques. Thèse de doctorat, Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage 231p.
27. Epstein, E. 1997. The science of composting. Technomic Publishing Company Inc. Lancaster. Publishing Co. Inc, USA 383- 415.
28. Finstein M. S., Morris, M. L. 1975. Microbiology of municipal solid waste composting, Vol. 19, In: *Advances in applied microbiology*. Academic Press.
29. Fourmont D. 1982 . Les fientes de volailles déshydratées utilisées dans l'alimentation des ruminants, Thèse de magistère, université Claude Bernard, Lyon, 203 pages.
30. Garcia C., Hernandez T., Costa F., Pascual J. A. 1992. "Phytotoxicity due to the agricultural use of urban wastes." *Germination experiments. J. Sci. Food Agric* 59: 313-319.
31. 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 fetid*. *Annals of Biological Research* 5 : 52-57.
32. Ghiti H., Ouahrani G., Salutiano M., Perezb D. 2016. Effects of Epigeic Earthworms, vol 27, *Eisenia fetida* on Carbon and Nitrogen during Vermicomposting of Fresh Bio-waste, *Basic and Applied Research IJSBAR*.
33. Gobat J. M., Matthey W. 2003. *Le sol vivant bases de pédologie biologie des sols*. 2^{ème} édition, Presse polytechniques et universitaires romandes.
34. Gómez-Brandón M., Lazcano C., Domínguez J. 2008. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. *Chemosphere* 70(3): 436-444.
35. Guedira A., Lamhamedi M. S., Satrani B., Boulmane M., Serrar M., Douira A. 2012. Valorisation des matières résiduelles et de la biomasse forestière au Maroc: Compostage et confection de substrats organiques pour la production de plants forestiers. *Nature & Technology* 7: 87.
36. Guet G. 2003. *Mémento d'agriculture biologique*. Edition : Agri décisions, Paris.
37. Hamidechi M. A., Meziani M. 2011. Contribution du diagnostic biochimique bacterien dans l'établissement des parentes phylogenetiques: CAS des Enterobacteriaceae et *Pseudomonas* sp. *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies* 34: 24-31.

38. Haruta S., Nakayama T., Nakamura K., Hemmi H., Ishii M., Igarashi Y. 2005. Microbial diversity in biodegradation and reutilization processes of garbage. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 99 1-11.
39. He Y., Inamori Y., Mizuochi M., Kong H., Iwami N., Sun T. 2000. Measurements of N₂O and CH₄ from the aerated composting of food waste. *Science of the Total Environment* 254(1): 65-74.
40. Helfrich P., Chefetz B., Hadar Y., Chen Y., Schnabl H. 1998. "A novel method for determining phytotoxicity in composts." *Compost Science & Utilization* 6(3):6-13.
41. Hirai M. F., Chamyasak V., Kubota H. 1983. Standard measurement for compost maturity. *BioCycle: journal of waste recycling* 24 (6) 54-56.
42. Hoekstra N. J., Bosker T., Lanting, E. A. 2002. Effects of cattle dung from farms with different feeding. *Agric. Ecosyst. Environ* 93(1-3): 189-196.
43. Iannotti D. A., Grebus M. E., Toth B. L., Madden L. V., Hoitink A. J. 1994. Oxygen respirometry to assess stability and maturity of composted municipal solid waste. *J. Environ. Qual* 23: 1177-1183.
44. Inckel M., Smet P. D., Tersmette T., Veldkamp T. 2005. La fabrication et l'utilisation du compost. 6^{ème} édition, Agronomisa/CTA. 72 p.
45. Jansirani D., Nivethitha S., Singh M. 2012. Production and utilization of vermicast using organic wastes and its impact on *Trigonella foenum* and *Phaseolus aureus*. *Int J Res Biol Sci* 2(4): 187-189.
46. Jemali B., Soudi B., Lhadi E. K. 1996. Contrôle des paramètres du compostage et appréciation de la qualité du compost des déchets ménagers de la Wilaya de Rabat-Salé. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 6 (2): 43 - 50 .
47. Jimenez E. L., Garcia V. P. 1989. Evaluation of city refuse compost maturity: a review. *Biological Wastes* 27: 115-142. .
48. Jouraiphy A. 2007. Compostage des boues activées déchets verts, analyse physicochimiques, microbiologiques, toxicologiques, bilan humique et valorisation agronomique, Thèse de doctorat, Université Cadi Ayyad, Faculté des sciences Semlalia, Marrakech, 148 pages.
49. Kadri M. 2012. Étude géochimique comparative des deux cycles péochimique dans les zones désertiques (cas du Chott Marouane). Thèse de magistère, Université d'Ouragla, 62 p.
50. Kaiser M. 1983. L'analyse de la microbiologie du compost. *Compost information* ,

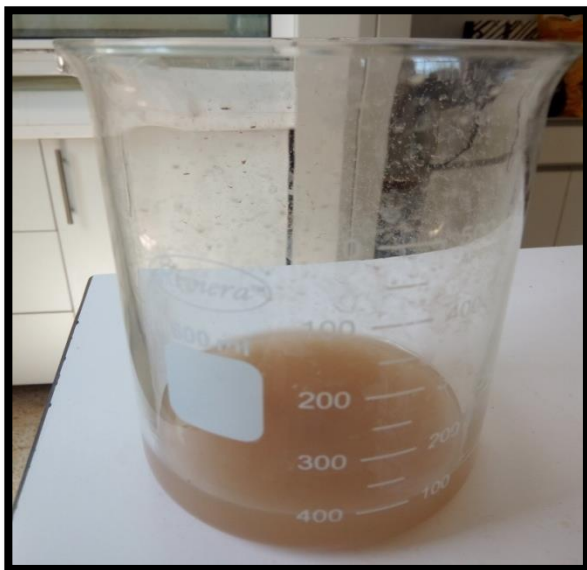
51. 1^{ère} partie 12: 9-12.
52. Keney D. R; Nelson D.W.1982. Nitrogen-inorganic farms. In Methodes of soil analysis, part 2, 2nd edition. A.L.page.Ed. Madison, WI: ASA and SSSA,pp 643-698.
53. Koledzi K. E. 2011. Valorisation des déchets solides urbains dans les quartiers delomé (togo): approche méthodologique pour une production durable de compost.Thèse de doctorat , Université de lomé en co-tutelle avec l'université de limoges, 224 pages.
54. Lamchouri F. 2018. Efficacité du Traitement par un Procédé d'Infiltration-Percolation des Lixiviats de la Décharge non Contrôlée de la Ville de Taza, Via l'Evaluation de la Phytotoxicité 3(02): 361-375.
55. Larbi M. 2006. Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques. Thèse de doctorats , Université de Neuchâtel (Laboratoire sol et végétation), 161 pages.
56. Leclerc P. 1997. Caractérisation microbiologique des composts à base de résidus chitineux. Thèse de magistère , université de sherbrooke Québec, canada,173 p.
57. Limited, A. c. 2005. Assessment of options and requirments for stability and maturity testing of composts." The Waste and Resources Action Programme.
58. Michaud L. 2007. Tout sur le compost: Le connaitre, le faire, l'acheter et l'utiliser. MultiMondes, Canada.212 p.
59. Misra R. V., Roy N. R., Hiraoka H. 2005. Méthode du compostage au niveau de document de travail sur les terres et les eaux. F.A.Q. Rome, Italie.
60. Mosa Walid F. E., Paszt L. S., Frac M., Trzciński P. 2015. he role of biofertilization in improving apple productivity a review. Adv. Appl. Microbiol 5(01):21.
61. Mustin. 1987 . Le compost: gestion de la matière organique. Editions Francois Dubusc, Parid, France.
62. Nakasaki K., Yaguchi H., Sasaki Y., Kubota H. 1993. Effects of pH control on composting of garbage. Waste management & research. 11(.2) : 117-125.
63. Navarro A. F., Cegarra J., Roig A., & Garcia D.1993. Relationships between organic matter and carbon contents of organic wastes. Bioressource Technology. 44 (3). 203-207.
64. Nyle C. B., Weil R. R. 2004. Element of the nature and properties of soils. Prentice Hall. Upper Saddle River ,606 p .

65. Smeesters.1993. Le compostage domestique "comment transformer vos déchets organiques en mine d'or pour le jardin. "bibliothèque nationale du Québec.
66. Soumare M., Tack F M. G., Verloo M. G. 2003. Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Bioresource technology* 86(1): 15-20.
67. Spohn E. 1978. Determination of compost maturity. *Compost Science/Land Utilization*. 19(3): 26-27.
68. Tournade J., Michau J. 2011. Les engrais de ferme. Une ressource de qualité au service de la fertilité des sols ; étude réalisée pour le compte, article de la chambre d'agriculture et de territoires de Dordogne, France.
69. Tratch R., Bettiol W. 1997. Effect of biofertilizer on micelial growth and spores germination of plant pathogenic fungi. Cité par ITAB (2001). 2^{ème} édition, Guide des matières organiques.
70. Tremier A., De Guardia A., Mallard P. 2007. Indicateurs de stabilisation de la matière organique au cours du compostage et indicateurs de stabilité des composts: analyse critique et perspectives d'usage. *Techniques Sciences Méthodes* 10: 105-129.
71. Waas E., Adjademé N., Bideaux A., Deriaz G., Diop O., Guené O. 1996. "Valorisation des déchets ménagers organiques dans les quartiers populaires des villes africaines, Centre de coopération suisse pour la technologie et le management 142p.
72. Wu L., Ma L. Q., Martinez G. A. 2000. "Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost." *J. Environ. Qual* 29:424-429.
73. Yulipriyanto H. 2001. Emission d'effluents gazeux lors du compostage de substrats organiques en relation avec l'activité microbiologique (nitrification/dénitrification). Thèse de doctorats , Université de Rennes1 214 pages .
74. 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. Zucconi F. Eds., *Compost: Production, Quality and Use*, Elsevier, London 276-295.

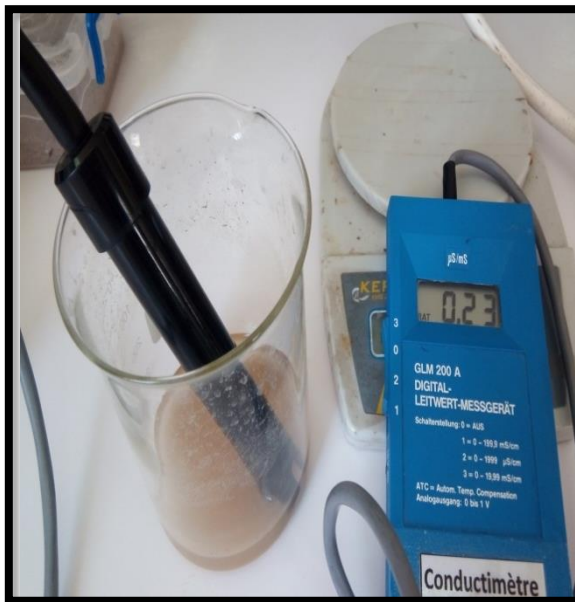
Annexe 1. Préparation de la suspension à analyser



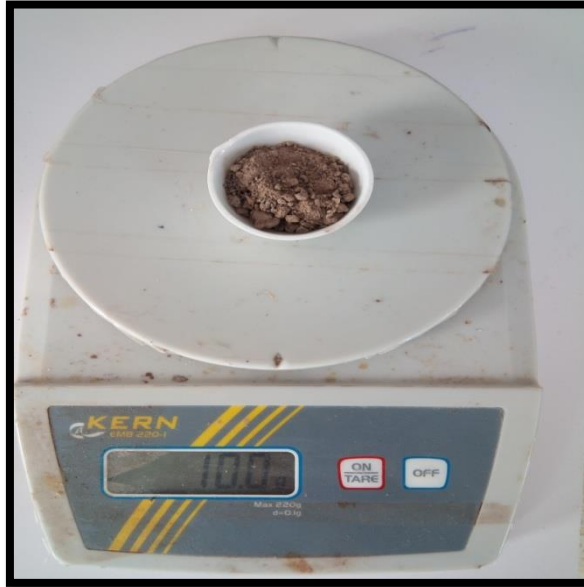
Annexe 2. Mesure du pH.



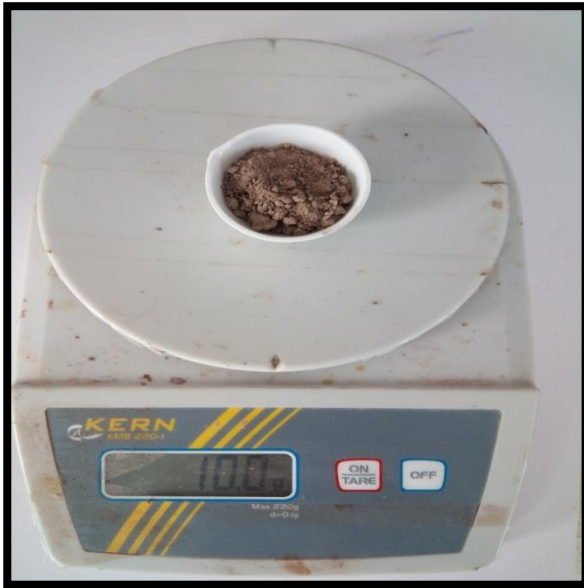
Annexe 3. Mesure de la conductivité électrique (ms/cm).



Annexe 4. Mesure de l'humidité relative (H%).



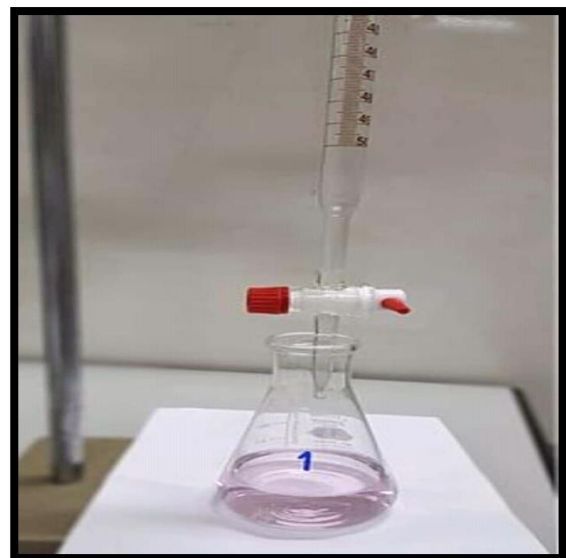
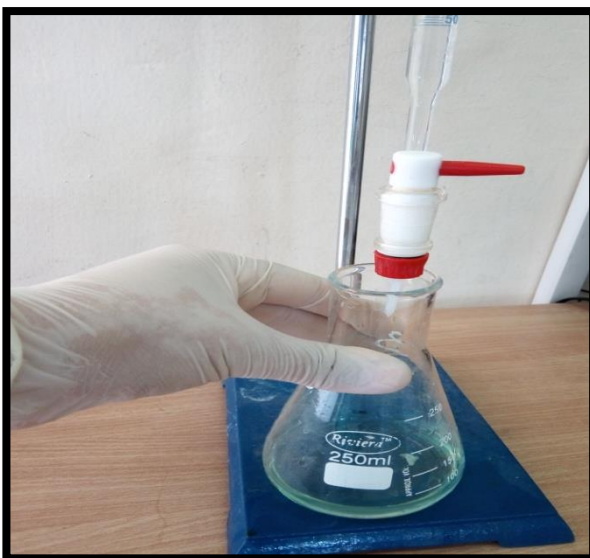
Annexe 5. Mesure matière organique MO%.



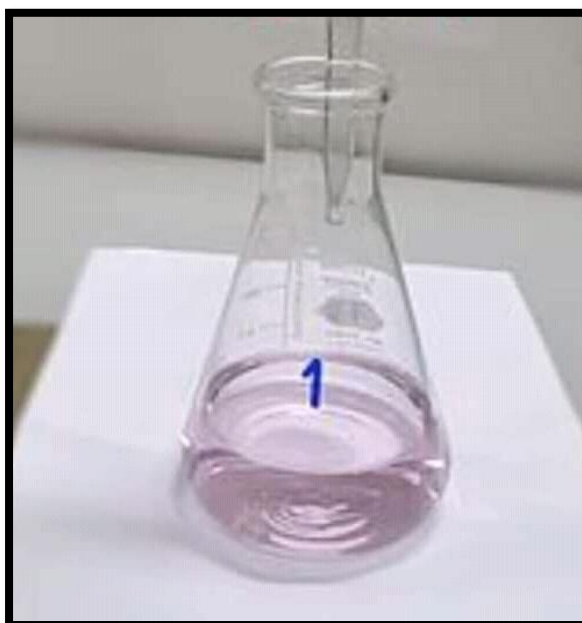
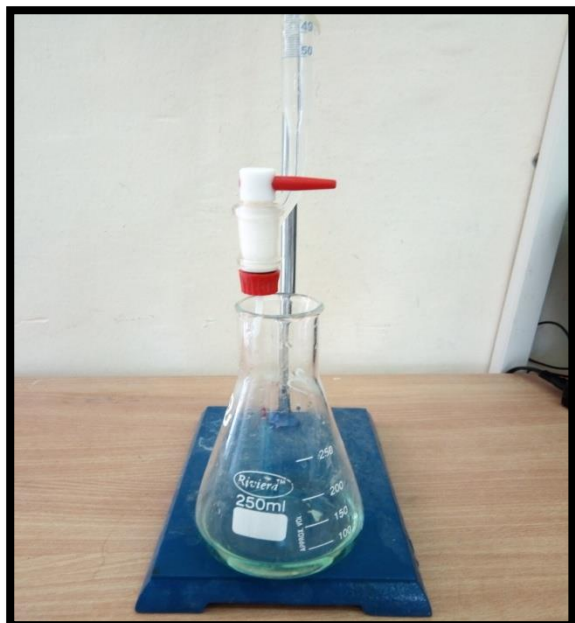
Annexe 6. Mesure de l'ammoniac N-NH₃.



La distillation

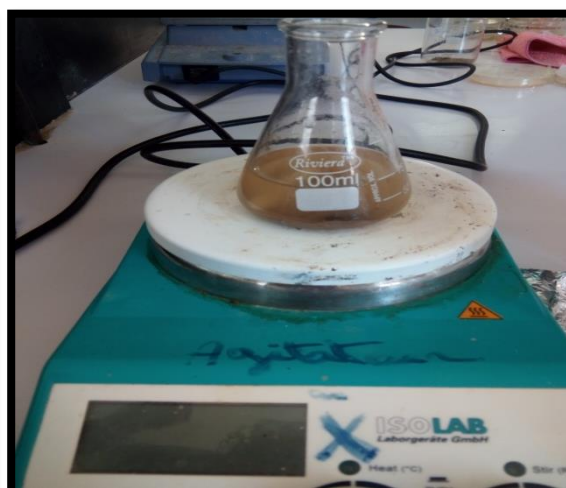


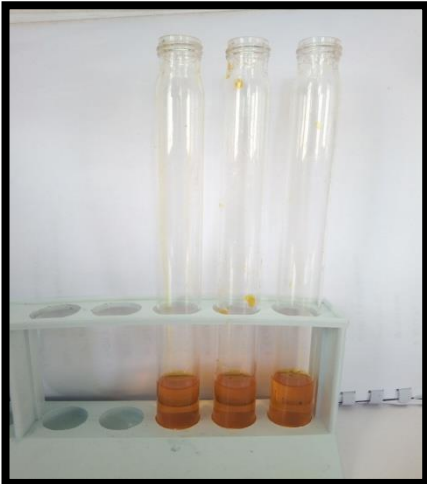
Titration



La Titration de Ntot

Annexe 8. Préparation pour la mesure de COD.





Préparation de la solution rétrograde :

180,16 g de Fructose72 g de carbone 1ppm = 1 µg/ml

1 g de Fructose..... 0.397 g de carbone = 0.3997.10e6 µg

0.3997.10e6 µg /1000 ml=0.3997.10e6.10e-3 µg/ml, =0.3997.10e3 ppm

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

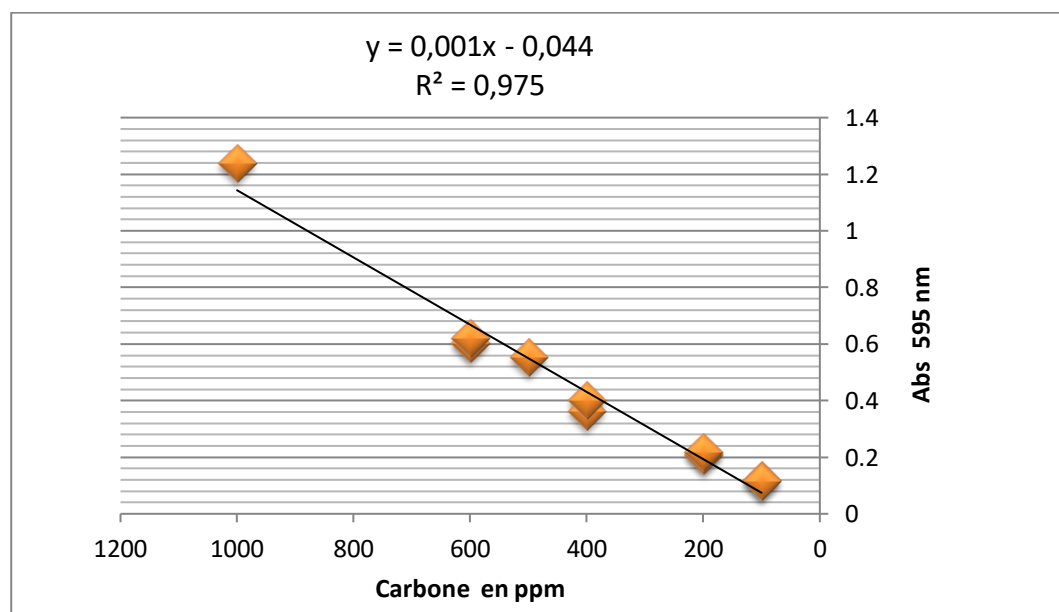
2. 502 g/l..... 1000 ppm de c

2.502 g..... 1000 ml

0,2502 g.....100 ml

Pour une solution mère de 1000ppm 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

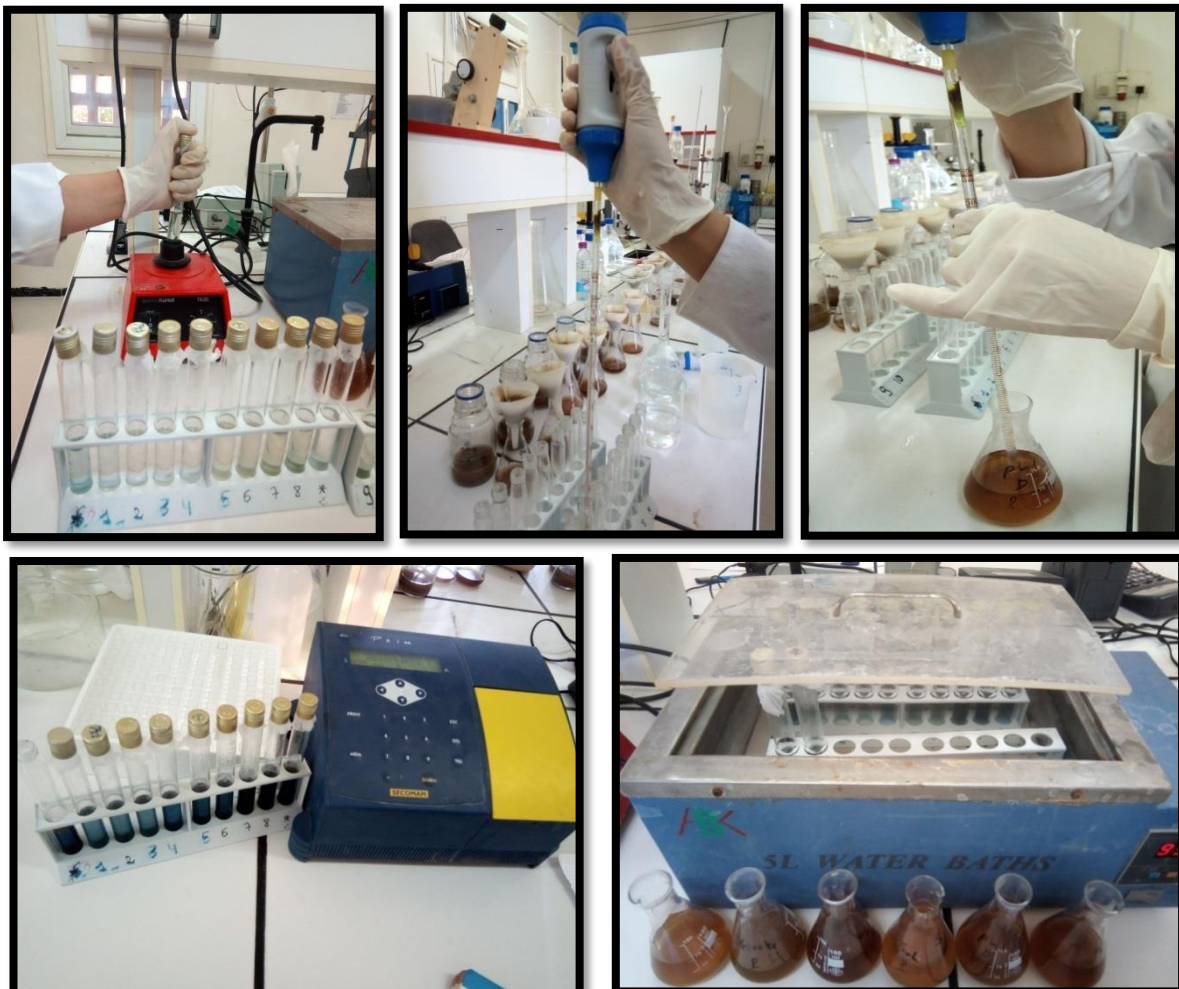


Courbe d'étalonnage de COD.

Annexe 9. Dosage du phosphore assimilable



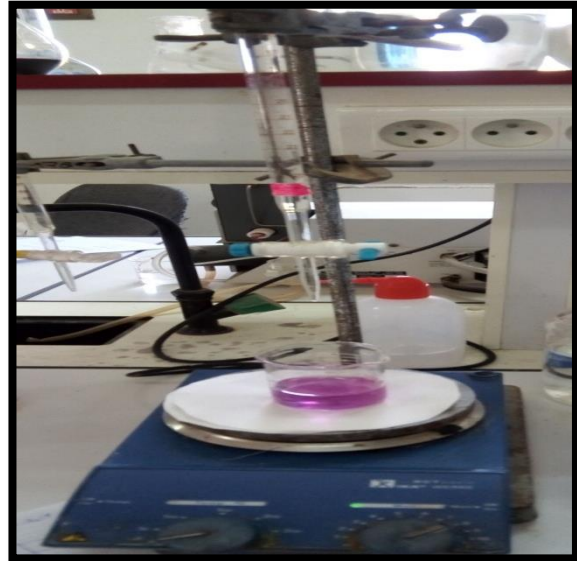
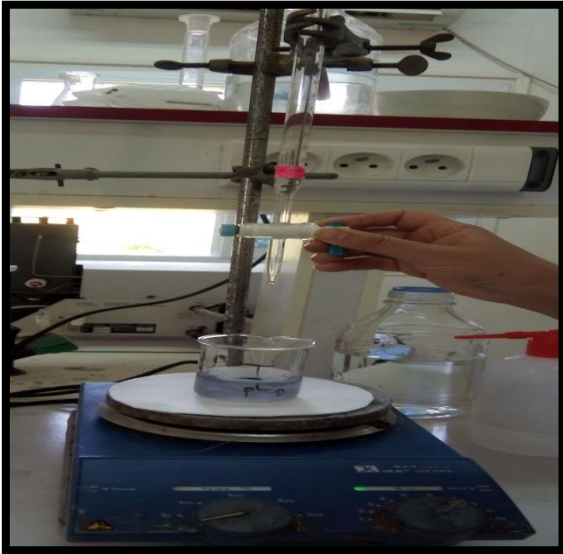
Extraction



Dosage

Annexe 9. Dosage de calcium et magnésium





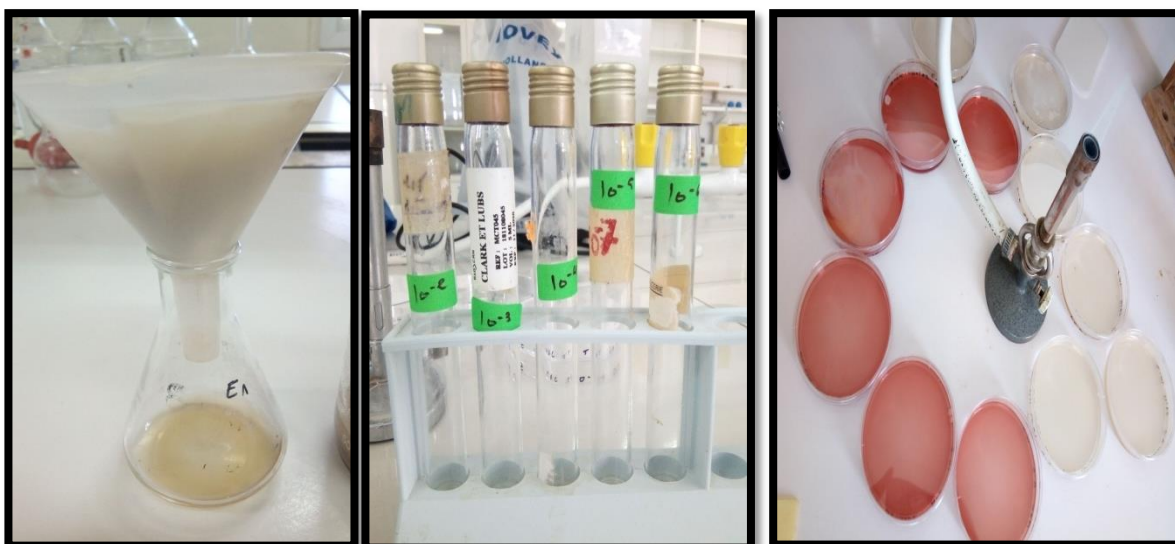
Dosage de Ca+ Mg

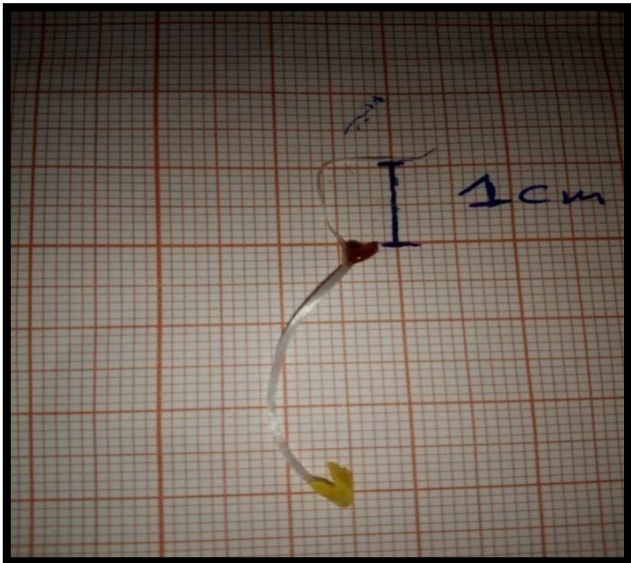
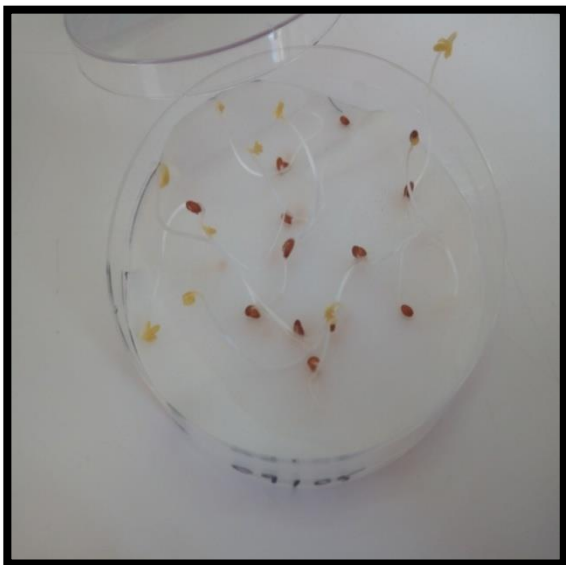
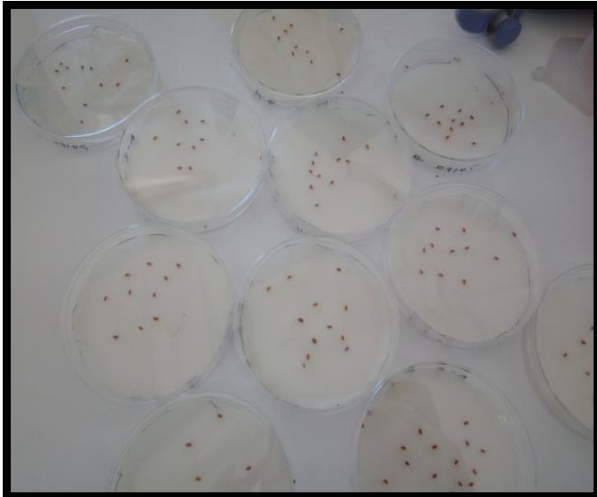
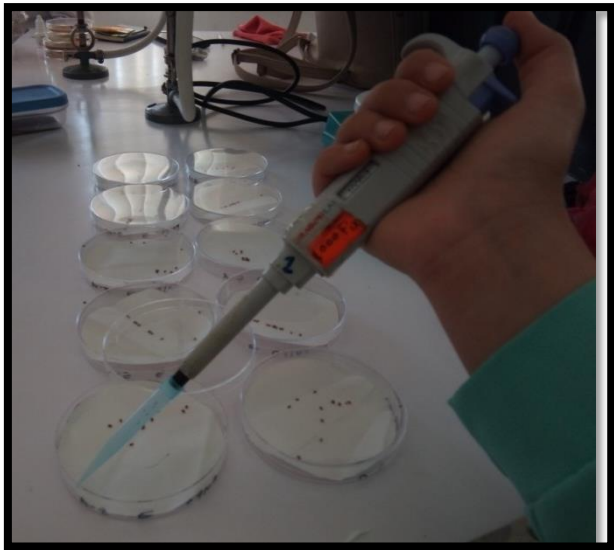
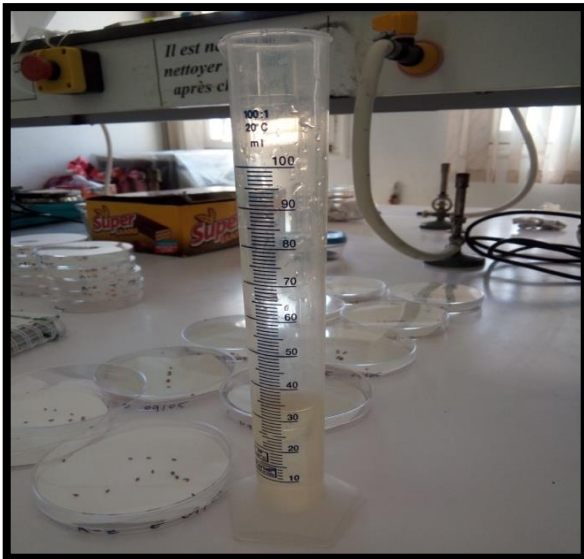
Annexe 11. Respiration BASAL.



Préparation des solutions :

- **NaOH** : Dissoudre une masse de 0.8g de NaOH dans un 1L d'eau distillée pour la respiration BASAL afin de préparer 20 mmol.
- **HCl** : Verser un volume de 0.835 ml d'HCl dans un 1L d'eau distillé pour la respiration BASAL afin de préparer 10 mmol.
- **Chlorure de Barium (Cl₂Ba)** : On a préparé 3N, Dissoudre une masse de 14.669 g de Cl₂Ba, 2H₂O dans un 1L d'eau distillée

Annexe 12. Préparation de la dilution et la mis en culture.**Annexe 13.** Préparation de test phytotoxicité.



- **Acide borique 1% :**

1g 100 ml 1 g acide borique complète par l'eau distillée jusqu'à 100 ml.

- **K Cl₂ N :**

M=74.55 g/mol.

m=74.55*2*1L.

m=149.1 g de KCl dans 1 litre.

- **Ba Cl₂ 6%:**

M=244.26.

M=208.23.

m=7.03g 100 ml eau distillée.

- **K₂Cr₂O₇ 1N:**

M=294.21 g/ mol.

m=294.21*1/6*0.1L.

m=4.9035 g 100 ml.

- **K₂SO₄ 0.5 mol:**

M=174.27 g/ mol

m=174.27*0.5*1L

m=87.135 g dans 1 L

- **NaOH 30%:**

39,997 g/mol 30% = > 300g dissoudre dans 1 L de l'eau distillé J'ais préparé : 120 g dans 400ml H₂O.

تلخيص

تشكل النفايات الناتجة عن فضلات الحمام تأثيرات ضارة على البيئة. تعتبر عملية التسميد الحل الأمثل للتخلص من الفضلات العضوية وإعادة تدويرها إلى منتج جديد مفيد.

في إطار دراستنا أجرينا تحاليل فيزيائية-كيميائية وتحاليل بيولوجية، للسماد المتحصل عليه بعد 18 شهرا، وكذلك أجرينا اختبار النباتات باستعمال حب الرشاد والقمح والعدس لتقييم ثبات ونضج السماد العضوي واستغلاله كمغذي للتربة. في نهاية دراستنا، ومن خلال تجاربنا ووفقا للنتائج المتحصل عليها نستخلص أن السماد المتحصل عليه ذو نوعية جيدة ويمكن استخدامه كمواد مضافة للتربة لغنائه على مواد عضوية مغذية وعناصر معنية كالا زوت والفسفور الضرورية لنمو جيد للنبات.

الكلمات المفتاحية: فضلات الحمام، السماد العضوي، الفضلات العضوية، حب الرشاد

Résume:

Dans notre cadre d'étude le problème posé par les déchets des fientes du pigeon et des papiers. Le compostage des déche organique représenté une orientation stratégique.

Nous avons réalisé des analyses physico-chimique et biologique, du compost obtenus après 18 mois de compostage a fin d'évaluer la stabilité et la maturité de compost. Les résultats indiquent que le compost à testé de bonne qualité et riche en matière organique, et des éléments minéraux comme l'azote, le phosphore. Cependant, les tests de germination du plante, et test de phytotoxicité par les grains de cresson, montrent que le taux de germination est supérieur de 50 %, tandis que le compost à testé n'est pas toxique aux vers de terres. En plus en peut l'utiliser comme engrais naturel pour l'amélioration de la fertilité du sol.

Mot clés: déchets des fientes, compost, compostage, testes de germination.

Abstract:

In our study the problem posed by the waste of pigeon droppings and papers. The composting of organic dechee represented a strategic orientation. We carried out physico-chemical and biological analyzes of compost obtained after 18 months of composting in order to evaluate the stability and the maturity of compost and to valorize it as a fertilizer

amendment. Of the ground. Our results indicate that the compost has tested of good quality and rich in organic matter, and mineral elements such as nitrogen, phosphorus, magnesium, calcium. However, the tested germination of plants and phytotoxicity test by cress seeds,

Show that the germination test is 50% higher, while the tested compost is not toxic to earthworms. As more as possible can be used as natural fertilizer to improve soil fertility.

Keywords: pigeon droppings, composting, compost, germination test.

