



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et des 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 : Biochimie appliquée

Réf. :

Présenté et soutenu par :
Imene BOUKHADRA

Le: jeudi 8 octobre 2020

Thème

Cocompostage des boues de station d'épuration et déchets végétaux : aspect physico chimique.

Jury :

Mme. Rima ABSI	MAA	Université de Biskra	Président
Mme. Hassina GHITY	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Mme. Rima RECHID	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2019 - 2020

Remerciements

*Avant toute, mes profonds remerciement je remercie **Allah** qui m'a guidé sur le droit chemin et m'a donné la santé, le courage et la volonté et la patience d'achever ce modeste travail.*

*Ma profonde gratitude s'adresse à mon encadreur pour ses valeureux conseils, ses orientations qui ont beaucoup enrichi ce travail, **Mme Ghiti Hassina**.*

Tous mes remerciements aux membres de jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

*Je remercie sincèrement le chef de la station d'épuration de la wilaya de Batna, **M. Smaeli Mourad**, qui a apporté son aide et n'a pas épargné l'échantillon demandé.*

*Et je n'oublie pas les ingénieurs de laboratoire et les responsables de la bibliothèque de département de biologie pour leurs aides tout le temps «**Sara, Alima, Walid, Moufida, Walid, Mohamed, Lotfi, Ismahane ...etc***

Je remercie tous les enseignants de notre cursus universitaire qui ont contribué à notre formation.

Mes remerciements vont aussi à toute personne qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.

Merci a tous.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A la bougie qui a éclairé mon chemin depuis ma naissance, à celle dont j'ai prononcé le premier mot, source de ma vie et mon bonheur, **à ma mère.**

A **mon père** : Qui m'a soutenu tout au long de ma vie, mes études, m'a encouragé, m'a fait confiance, et créé la confiance en moi-même.

A **mon frères**: Labeled.

A **mes sœurs**: Nabila, Aya, Ikram.

A **mon fiancé MOHAMMED, H** : qui a partagé avec moi les moments les plus heureux et les plus difficiles et a été la motivation pour une meilleure réussite et succès.

A toutes la famille **BOUKHADRA et RAHEBI** et Toutes mes tantes, mes oncles ,Leurs maris femmes et enfants.

A mes très chères collègues : **Melouka, Hiba, Abir, khanssa ,eman djebari, Khelida, Nadjma, Samira, Ahlem.z Imen, Manal, Imen.M, Samah, souda, Mouna.M, Aya, Zanoubia, Nessrin**

Iméne.

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Sommaire

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

Synthèse bibliographique

Chapitre 01. Notion et généralités sur les déchets "Les boues d'épuration"

1 .Définition des déchets :.....	3
2 .Typologie des déchets	3
3. Déchets spéciaux	3
3.1 Définition déchets spéciaux (DS)	3
4. Définition des boues.....	3
4.1. La composition des boues	4
A-La matière organique	4
B- Eléments fertilisants et amendements :	4
C- Les éléments traces métalliques (ETM)	4
D-Les composés traces organiques(CTO).....	4
E-Les micro-organismes pathogènes:	5
4.2. Les types des boues.....	5
A- Les boues primaires :	5
B- Les boues physico-chimiques	5
C- Les boues biologiques	5
D-Les boues mixtes :.....	5
4.3. Les caractéristiques physiques et chimiques des boues	5
4.3.1 Les caractéristiques physiques	5
4.3.2 Les propriétés chimiques des boues	6
4.4 Valorisation et d'élimination des boues	6
A.Valorisation thermique	6
B.Valorisation énergétique	6

C.Valorisation industrielle.....	6
D.Valorisation agricole des boues	6
Chapitre02. Valorisation des boues par le compostage	
1. Définition de Compostage	7
1.2. Le composte	7
2. Quels déchets composter ?	7
3. Les facteurs influencent sur le compostage	7
3.1. Le pH :	7
3.2. Humidité	7
3.3. La température	8
3.3.1Phase mésophile	8
3.3.2La phase thermophile	8
3.3.3La phase de refroidissement	8
3.3.4La phase de maturation.....	9
3.4. L'aération	9
3.5. L'apport en oxygène	9
3.6. Le Rapport C/N.....	9
4. les avantages de compostage	9
5. Intérêt du compostage des boues.....	9

Chapitre 03.Matériels et Méthodes

1. La zone d'échantillonnage.....	10
1.1Présentation de l'entreprise (ONA)	10
1.2Présentation de la station d'épuration (STEP)de Batna	10
1.3Prélèvement d'échantillons	11
2. Déchet valorisé	11
3. Plan d'expérience.....	13
3.1. Montage de composteur	13
3.2 La quantité de déchet introduit :	13
4. liste des besoins	15
5. Les paramètres physico-chimiques et microbiologiques	15
5.1. Les paramètres physico-chimiques.....	15
5.1.1 Mesure de la température	15

5.1.2. Le (pH) le potentiel hydrogène	16
5.1.3. La conductivité électrique (CE)	16
5.1.4. L'humidité relative (H%)	16
5.1.6 Carbone organique dissous (COD)	18
5.1.7 Le carbone organique CO%	18
5.2. Les Paramètres biologiques	19
5.2.2 Mesures de la respiration du composte.....	24
Chapitre 04.Résultats et Discussion	
6. Résultats des paramètres physico-chimiques au cours de compostage	21
6.1. L'évolution de la température.....	21
6.2L'évolution de pH.....	22
6.3. La conductivité électrique	24
6.4. L'humidité relative (H en %).....	25
6.5. La matière organique (MO en %)	26
6.6. Le rapport C/N (en%).....	28
7. Résultats des paramètres physico-chimiques au cours de compostage	29
7.1La diversité des communautés microbiennes du composte.....	29
7.2La respiration microbienne	31
Références bibliographiques	35
Annexes.	
Résumé.	

Liste des Tableaux

Tableau 1. la quantité des déchets utilisé.....	14
Tableau 2. liste des appareilles, le matériels, les réactifs et les milieux de culture utilisés. ...	15
Tableau 3. L'évolution de la température au coure de compostage.....	21
Tableau 4. L'évolution de la température au coure de compostage.....	21
Tableau 5. Les variations de pH au coure de compostage.....	23
Tableau 6. les variations de pH au coure de compostage.....	23
Tableau 7. L'évolution de conductivité au coure de compostage.....	24
Tableau 8. L'évolution de conductivité au coure de compostage.....	24
Tableau 9. la variation de l'humidité relative pendent le compostage.	25
Tableau 10. la variation d'humidité pendent le compostage.....	26
Tableau 11. Les variations de matière organique durant le compostage (Nous résultats).	27
Tableau 12. Les changements de matière organique pendant le compostage.....	27
Tableau 13. Les changements de rapport C/N (en %)......	28
Tableau 14. Les population microbiennes pendent le compostage (Wolna-Maruwka et <i>al.</i> , 2009).....	30
Tableau 15. la respiration basale et SIR (substrat induced respiration)pendant le compostage	32
Tableau 16. la variation de respiration dans différents compostes.	32

Liste des Figures

Figure 1. courbe d'évolution de la température au cours du compostage	8
Figure 2. ONA de Batna.	10
Figure 3. Image satellite La situation géographique de la STEP du Batna (Google Earth 19/02/2020 à 22:09)	11
Figure 4. La zone d'échantillonnage les boues stable (photo personnelle)	11
Figure 5. les déchets valorisés.....	12
Figure 6. représentation de composteur de plastique "photo personnelle"	13
Figure 7. Schéma représentatif du Montage des bioréacteurs.....	13
Figure 8. Le mélange final du compost le premier jour	14
Figure 9. mesure de pH à l'aide d'un pH mètre de type (HANNA).	16
Figure 10. les étapes d'extraction de carbone organique d'échantillons (schéma personnelle)	18
Figure 11. digestion d'échantillons (schéma personnelle)	18

Liste des abréviations

ONA : L'Office National de l'Assainissement.

STEP: Station de traitement et épuration des eaux usées.

DS : déchets spéciaux.

MES : Matières en suspension.

ETM : Élément trace métallique.

MV : Matières volatiles

C/N : rapport Carbone/Azote.

CE : Conductivité Electrique.

CO : Carbone organique.

COD : Carbone organique dissous.

H% : Humidité relative.

MO% : Matière organique.

N tot: Azote total.

pH : Potentiel hydrique.

SIR : Respiration induite par le substrat.

UFC : Unité Formant Colonie.

DV : déchets verts.

PAP : papier.

PAL : déchets palmiers.

Introduction générale

À la lumière du développement observé par le monde au cours des deux derniers siècles et de l'explosion démographique et de la recherche d'un certain confort dans divers domaines de la vie, sauf qu'avec le temps, cela crée un problème qui génère d'énormes risques pour l'environnement et donc pour la santé de la population, en particulier dans Les pays en développement sont des déchets et des saletés de toutes sortes.

Une personne consomme quotidiennement de grandes quantités d'eau, de nourriture et ses activités personnelles et professionnelles, laissant de grandes quantités de déchets. Si nous nous soucions de son destin ultime, il est collecté pour la purification et réutilisé.

Le traitement d'eau conduit à la production de grandes quantités de boues. Il s'agit d'un déchet qui constitue un problème écologique, dont une partie est mise en décharge. Cela s'avère que c'est une technique interdite dans de nombreux pays. Aussi, l'incinération des boues a un coût prohibitif et présente un risque lié à l'impact de gaz toxiques sur l'environnement.

Le traitement des déchets est considéré comme l'un des grands dégâts sanitaires et environnementales les plus importants au début de ce siècle. L'augmentation du volume de déchets a forcé à chercher et à les traiter ou à les éliminer de quelque manière que ce soit en plus de l'exploitation de ces déchets est très importante, non seulement d'un point de vue environnemental, mais aussi d'un point de vue énergétique et économique et cela nécessite des méthodes de traitement Rapides et efficaces, mais sans effets secondaires, il détruit l'équilibre biologique. De cela la législation à favoriser les traitements biologiques.

En raison des besoins grandissants de valorisation et d'élimination il existe une solution simple, écologique, économique et bénéfique pour nous comme que pour la nature. Ainsi, traiter le sol à partir des déchets, qui est un grand risque qui le menace et menace la santé, par un procédé biologique aérobie de dégradation de la matière organique. Appeler le compostage. S'est fortement développé et qui présente le respect de l'environnement par la diminution de ces grands volumes et par la destruction des organismes pathogènes.

Le sols du sud de l'Algérie et de certaines régions perdent complètement leur fertilité et qu'ils ne sont pas agricoles, mais ils souffrent d'une grave pénurie de minéraux en plus de leur structure physique sablonneuse et du fait que l'un des avantages de la gestion des déchets est la conversion et le nettoyage des déchets organiques en composte qui ajuste naturellement ,

les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol de façon naturelle, ce qui en fait la meilleure alternative aux engrais chimiques et pesticides.

En ajoutant du compost au sol la matière organique contient de grandes quantités de micronutriments et minéraux sont bénéfiques pour la croissance des plantes, tels que la rétention d'eau en période de sécheresse, la ventilation et le maintien d'une bonne porosité, facilitant la pénétration des racines dans le sol, la stabilité de la structure du sol, l'augmentation des échanges d'ions, la fourniture d'oligo-éléments et de nutriments totaux, le maintien PH favorable (Girard et al., 2005).

Problématique

Les déchets restent une source sérieuse de pollution de l'environnement et une source importante de valorisation des matières premières, la boue elles ne peuvent être incorporées au sol à l'état frais à cause des pathogènes qu'elles contiennent, risque de la mise en décharge (nuisances odorantes et/ou émissions d'hydrogène sulfuré qui peuvent entraîner des effets irritatifs au niveau des muqueuses).

L'objectif de notre étude est:

Dans ce contexte, notre thème vise à montrer la faisabilité de la production d'engrais à partir des boues restantes de la STEP, Le but de notre travail est suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques et tester la biodégradabilité au cours de compostage des mélange papiers/boues et feuilles morts/boues et déchets des palmiers/boues. Tester la qualité du compost obtenu des 3 mélanges.

. Le rapport sur le travail effectué est organisé en deux parties principales, chacune organisée en chapitres.

Ainsi, Partie bibliographique contient deux chapitres :

Chapitre I : généralités sur les déchets "Les boues d'épuration"

Chapitre II : le compostage

Ensuite, la partie expérimentale, qui comprend deux chapitres:

Chapitre III : Matériels et méthodes.

Chapitre IV: Résultats et discussions.

En fin de compte, notre travail s'est terminé par une conclusion générale, des perspectives de recherche et des recommandations

Synthèse bibliographique

**Chapitre 01. Notion et
généralités sur les déchets
"Les boues d'épuration"**

Chapitre1 : généralités sur les déchets "Les boues d'épuration"

1 .Définition des déchets :

Selon l'article 03 de la loi 01-19 du 12 décembre 2001, du journal officiel de la république algérienne N° 77en 2001,définie le déchet comme :tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou, plus généralement, tout objet, bien meuble dont le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer

2 .Typologie des déchets

La classification la plus répandue à ce jour, basé sur la séparation des constituants des déchets en deux grandes catégories selon :

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

3. Déchets spéciaux

3.1Définition déchets spéciaux (DS)

Tous les déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes (Loi n°01-19).

Permit Les différents types des déchets spéciaux les boues d'épuration nous sommes intéressés à l'étude pour assurer que les boues d'épuration stocké son valorisé, et éliminé d'une manière garantissant la protection de la santé publique et de l'environnement contre les effets nuisible de ce déchets. L'épuration des eaux usées urbaines ou industrielles, qu'ils soient biologiques ou physicochimiques, conduit à la concentration des polluants sous forme de résidu secondaire : les boues.

4. Définition des boues

Selon l'article L.540-1 et suivant du Code de l'Environnement et inscrites dans la nomenclature définie dans le décret n°2002-540. Classer les boues de station d'épuration comme des « déchets».

Selon la norme Algérienne 17731, 2010 les boues sont définies comme « les sédiments résiduels des ouvrages de traitement des eaux usées urbaines. ».

Les boues, appelées aussi bio solides, sont les principaux déchets produits par une station d'épuration, définies comme : un mélange d'eau et de matière solides, résultent du traitement des eaux usées dans des stations d'épuration séparées par des procédés naturels ou artificiels divers.

4.1. La composition des boues

La composition des boues variées : l'eau, la matière organique, Eléments fertilisants et amendements, éléments minéraux, des microorganismes pathogènes.

A-La matière organique

Elle constituée de matières particulaires éliminées par gravité dans les boues primaires, des lipides, des polysaccharides, des protéines et des acides aminés, lignine, et des corps microbiens résultant des traitements biologiques (Jarde et *al.*, 2003 ; Adem, 2001).

B- Eléments fertilisants et amendements :

Les boues peuvent couvrir les besoins des cultures Nitrate(NO_3), Nitrite(NO_2), NPK (azotes, phosphores, potassium), magnésium, calcium et en soufre.

C- Les éléments traces métalliques (ETM)

Présentent un risque éco-toxicologique car ils ne sont pas biodégradables. Sont des oligo-éléments indispensables au développement des végétaux et des animaux tels que le zinc, le cuivre et le chrome. Ils deviennent toxiques en fonction de leur concentration et de leur spéciation (forme chimique). D'autres, tels que le cadmium, le plomb et le mercure, sont des éléments uniquement toxiques et très utilisés par les industries (agence de l'eau, 2016).

D-Les composés traces organiques(CTO)

Sont des produits chimiques : hydrocarbures, détergents, restes de peinture et de solvant, produits de nettoyage ou de désinfectant) deviennent toxiques pour les micro-organismes des sols à haute dose (Bechac et *al.*, 1998).

E-Les micro-organismes pathogènes:

Riches en des microorganismes qui jouent un rôle dans les processus d'épuration. Seul une infime partie est pathogène (bactéries, protozoaires, helminthes...etc.) provient en des excréments humains ou animaux.

4.2. Les types des boues

A- Les boues primaires : sont les dépôts récupérés par simple décantation des eaux usées. Elles sont à la fois riches en matières minérales (micro-sables, terre, etc.) et contiennent des matières organiques sont obtenues dans les décanteurs digesteurs (ONA, 2014).

B- Les boues physico-chimiques : variante des boues primaires, par issues d'un traitement utilisant des flocculants minéraux pour agglomérer les fines particules dans les eaux usées). Ces amas seront séparés de l'eau par décantation dans des clarificateurs (ONA, 2014).

C- Les boues biologiques (secondaires) sous forme de floccs de bactérie, issues de clarificateur. Elles sont soumises ensuite à différents traitements dans les stations d'épuration

D-Les boues mixtes : C'est le mélange des boues biologiques et des boues primaires. Obtenues après un traitement complet, Très fermentescibles, ces boues subissent un traitement de stabilisation (décantation) (ONA, 2014).

4.3. Les caractéristiques physiques et chimiques des boues

4.3.1 Les caractéristiques physiques

4.3.1.1 Siccité

Est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90%, Ilya Les boues liquides avec siccité de 0 à 10 %, solides avec siccité de 25 à 80%, sèches la siccité supérieure à 80%,et les boues pâteuses avec siccité de 10 à 25% (ONA, 2014).

4.3.1.2Matières sèche (Ms)

Il s'agit de la teneur du résidu sec par chauffage ou évaporation à $T = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$, jusqu'à un poids constant exprimé en mg/l « généralement après 24 h » (Dégréement, 1989).

4.3.1.3Matières volatiles (MV)

On mesure cette teneur par la différence entre le poids de la boue sèche à $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ et la même boue après calcination à $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ dans le four à moufle (Dégréement, 1989).

4.3.1.5 Viscosité :

Les boues ne sont pas des liquides, on mesure leur viscosité en fonction de la contrainte de cisaillement, Elle est déterminée grâce à un viscosimètre (Dayegamiye et *al.*, 2004).

4.3.2 Les propriétés chimiques des boues

Elle Correspond La matière organique et des éléments nutritifs comme nitrate, et le NPK. (Azote, phosphore, potassium), et La matière minérale : correspond aux métaux lourds.

4.4 Valorisation et d'élimination des boues

Tus les opérations de traitement thermique, physicochimique et biologique pour limiter les impacts Sur l'environnement concernant les risques de contamination atmosphériques suite à la production des boues, aussi le Risque sanitaire de la mise en décharge par :

A. Valorisation thermique

L'incinération : l'oxydation du Matière organique \rightarrow Combustion $+600^{\circ}\text{C}$ \rightarrow Matière volatile+matière minérale résiduelle (ONA, 2014).

B. Valorisation énergétique

Méthanisation : basée sur la dégradation de la matière organique par des micro-organismes, en l'absence d'oxygène, qui aboutit à la production : digestat + Le biogaz ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$) (ONA, 2014).

C. Valorisation industrielle

- Valorisation des boues dans les produits céramiques.
- Fabrication de tuiles et de briques.
- Fabrication de matériaux légers à base de cendres.

D. Valorisation agricole des boues

L'épandage : les boues apports sur le sol, présentent un intérêt agronomique (ONA, 2014). Ce mode de valorisation est soumis La réglementation prévoit deux grandes périodes d'épandages le printemps, de mars à avril, et la fin de l'été, d'août à octobre (Albrecht, 2007).

.Compostage :une dégradation par voie aérobie des matières organiques fermentescibles se déroule naturellement dans le sol. Elle conduit à la production d'un compost riche en matières humiques et à un dégagement de CO_2 , NH_3 , H_2O , N_2 , de chaleur, le compost de boues est plus sec que la boue dont il est issu et plus riche en matière organique (Albrecht, 2007).

Chapitre02. Valorisation des boues par le compostage

Chapitre 2 : valorisations des boues par le compostage

1. Définition de Compostage

Le compostage est un procédé biologique aérobie naturel de «dégradation» ou de décomposition de la matière organique par les micro-organismes dans des conditions bien définies. Elle conduit à la production d'un compost riche en matières humiques et à un dégagement de CO₂, NH₃, H₂O, N₂, et de chaleur (Kalamdhad et Kazmi, 2009).

1.2. Le composte

Le produit final de compostage riche en matière organique stabilisée à effet principal sur la structure des sols agricoles. Par sa teneur élevée en matières humiques, il favorise la formation de complexes argilo-humiques et donc contribue à la bonne structuration des sols, favorisant ainsi la pénétration des racines (Bayard et Gourdon, 2007).

2. Quels déchets composter ?

- Les boues de station d'épuration : ont issues du traitement des eaux usées domestiques ou industrielles, présente un mélange d'eau et de matières solides.
- Les déchets verts : les feuilles mortes, les tontes de gazon, les tailles de haies, d'arbustes, les résidus d'élagage, les déchets de jardin ...etc.
- Les déchets ménagers : des déchets issus de l'activité domestique le papier, cartons, verres et déchets de cuisine, Les déchets de marchés

3. Les facteurs influencent sur le compostage

3.1. Le pH :

u début du processus l'acidification du milieu résulte de l'activité des acidophiles, produit des acides organiques à partir des glucides, des lipides ou d'autre substance, alors le pH basique se développent plutôt par les actinomycètes et alcalinophiles la majorité sont neutrophile et prospèrent a pH=6-8, enfin la maturation du compost le pH avoisinant 7,5-8,5 (Addou, 2009).

3.2. Humidité

La teneur en eau des déchets mis à composter nécessaire à l'activité des microorganismes. L'humidité optimale pour le compostage est généralement 50-60% Albrecht (2007), Si la teneur en eau baisse en dessous de 30 %, la décomposition de la matière

organique est inhibée, si elle dépasse 70 %, l'eau empêche les échanges d'oxygène, gênent les conditions du compostage (Charnay, 2005).

3.3. La température

Les variations de la température du compost est un facteur important liée l'activité des micro-organismes, l'évolution de la température dépende la biodégradabilité de la matière organique et les nutriments avec une production de chaleur interne et des échanges externe (Addou, 2009). Le processus de compostage se déroule en quatre étapes différentes liées à l'activité des variétés populations microbiennes (Addou, 2009).

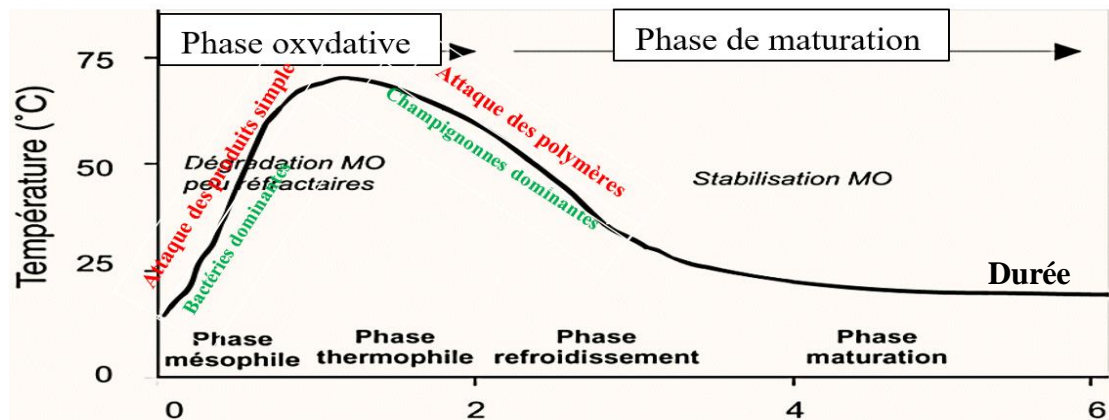


Figure 1: courbe d'évolution de la température au cours du compostage

3.3.1 Phase mésophile

Pendant laquelle les bactéries mésophile attaquent les composés facilement biodégradables (glucides, protéines, lipides, hémicellulose) en gaz et produits minéraux (CO₂, H₂O, NO₃), la cellulose ou la lignine sont moins dégradables, la température s'élève rapidement à cause d'une forte activité microbienne dans le compost (Addou, 2009).

3.3.2 La phase thermophile

Caractérisée par une température entre 40 et 60°C, assurée par des organismes thermophiles et aérobies, dont des bactéries, des actinomycètes, des champignons, la grande partie de matière organique perdue sous forme CO₂, H₂O.

3.3.3 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).

3.3.4 La phase de maturation

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

3.4. 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, qui assuré par des retournements ou par ventilation soit par les deux (Guet, 2003).

3.5. L'apport en 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).

3.6. Le Rapport C/N

Au cours du compostage les microorganismes ont besoin du carbone, d'azote et phosphore. Pour un bon compostage le valeur optimale de rapport C/N il doit être inférieure 19 .le rapport diminue car les matières organiques perdent plus vite leur azote (d'ammoniac), cette diminution présente le bon fonctionnement de compostage.

4. les avantages de compostage

- Réduction ou élimination des agents pathogènes, Détruit une partie des larves des insectes.
- Réduction le volume des déchets, la teneur en eau, les odeurs.
- Réduit le nombre de graines de mauvaises herbes viables.
- Stabilise les constituants organiques et les éléments nutritifs et l'obtention d'un produit riche en éléments nutritifs et possédant les qualités pour le sol.

5. Intérêt du compostage des boues

Les boues qui ont subit un compostage ont l'aspect du terreau, sont stables hygiénisées et possède un structure solide. Le compostage permet de réduire de tiers les volumes des boues, c'est une manière de sécher biologiquement les boues avec la récupération d'un produit a valeur ajoutée (Addou, 2009).

Le composte obtenue utilisé en premier comment amendement des sols et a un degré moindre comme un fertilisant (Addou, 2009).

Chapitre 03. Matériels et Méthodes

1. La zone d'échantillonnage

1.1 Présentation de l'entreprise (ONA)

Placé sous la tutelle du Ministère des Ressources en Eau. L'Office National de l'Assainissement « ONA » est un établissement public national, à caractère industriel et commercial, créé par décret exécutif n°01-102 du 21 avril 2001.

Dans le cadre de la mise en œuvre de la politique nationale de l'assainissement, l'Office National de l'Assainissement est chargé sur le territoire national, de l'exploitation, de la maintenance, du renouvellement, de l'extension et de la construction des ouvrages et des infrastructures d'assainissement. Ainsi, il assure :

- ✓ La protection et la sauvegarde des ressources et environnement hydrique.
- ✓ La lutte contre toutes les sources de pollution hydrique.
- ✓ La préservation de la santé publique.



Figure 2. ONA de Batna.

1.2 Présentation de la station d'épuration (STEP) de Batna

Localisation géographique de la wilaya Batna : est une commune du Nord-est de l'Algérie, située dans la région de l'Aurès, située à 119 Km à nord de Biskra.

La station d'épuration (STEP) située dans la zone industrielle Kechida à Batna, à côté de la gare terrestre de voyageur rue de Constantine, et oued El Gourzi est le collecteur principal du réseau d'assainissement et des eaux de la ville de Batna. Avant la sortie de la ville, il passe par la zone industrielle.



Figure 3. Image satellite La situation géographique de la STEP du Batna (Google Earth 19/02/2020 à 22:09)

1.3 Prélèvement d'échantillons

Dans la station d'épuration de Batna, Nos prélèvements c'est un échantillon des boues sèche qui réside avec le reste des boues issue de la filtration d'eau, qui recueille en un seul endroit, l'échantillonnage des boues d'épuration sèches s'effectuent manuellement à l'aide d'un Pelle dans une boîte en plastique



Figure 4. La zone d'échantillonnage les boues stable (photo personnelle)

2. Déchet valorisé

Le matériel de base pour la fabrication des composts était constitué des boues d'épuration constituent une masse importante de matières organiques et ont une concentration élevée en azote qui se décompose sous forme d'azote organique et d'ammoniac.

Le papier : les papiers sont des Fibre cellulosique d'origine végétale, avec une humidité faible, Sont hachés manuellement se forme d'un carrée de 2 - 3cm.

Les déchets verts : sont des déchets organiques issus de l'entretien des espaces verts, des forêts, on Ramasse les feuilles mortes d'arbres puis broyer manuellement.

Les déchets des palmiers : en collectant les déchets des palmiers dattiers : Les palmes sèches (Djérid) sont des feuilles composées pennées. La base pétiolée (cornaf), engaine partiellement le tronc et est en partie recouverte par le fibrillum, (fedamme ou lif).La matière première est broyé en petites pièces à l'aide d'une machine dédiée et ceci pour assurer une ventilation adéquate.



Papier (Zine ,2019)



La Boues



Les déchets des palmiers



Les feuilles morts

Figure 5.les déchets valorisés.

3. Plan d'expérience

3.1. Montage de composteur

Nous avons préparé un 6 composteur en plastique pour trois types d'échantillons «boues + déchets vert», «boues + papier», «boues + déchets des palmiers» pour chaque échantillon en prépare 2 composteurs « R1 » et ça répétition « R2 »

Ces composteurs en plastique sont préalablement troués pour assurer l'aération de l'échantillon.

Le composteur : est une boîte cylindrique en plastique de 20 litres de volume, de 29,2 cm de longueur, 25 cm de largeur basal, 30 cm de largeur superficiel, munis d'un couvercle amovible.



Figure 6.représentation de composteur de plastique "photo personnelle"

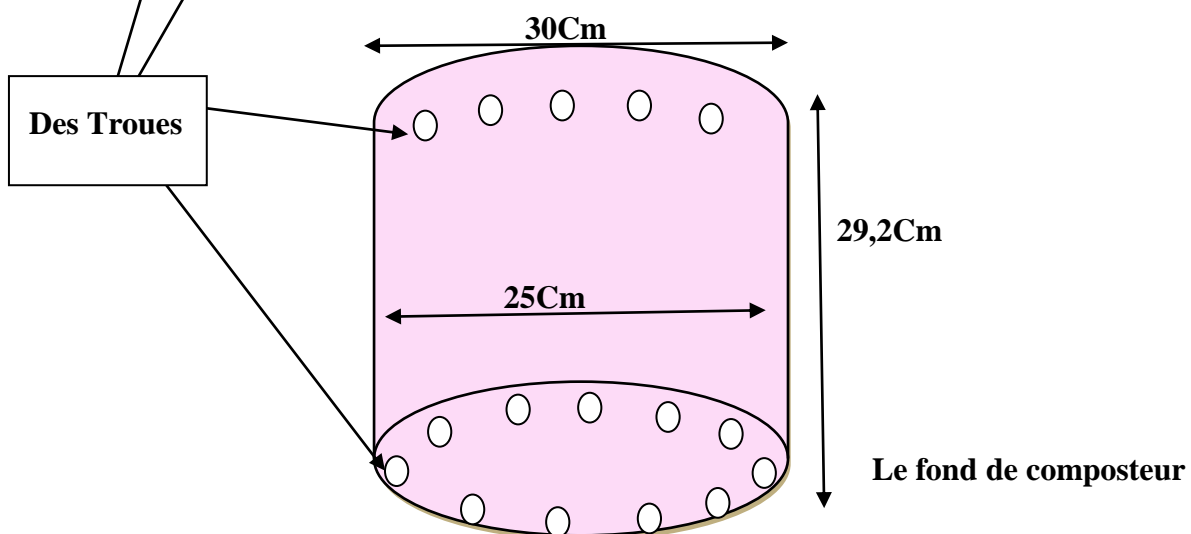


Figure 7. Schéma représentatif du Montage des bioréacteurs

3.2 La quantité de déchet introduit

Tableau 1 : la quantité des déchets utilisé.

déchets composteur	Boues	Déchets vertes	Déchets palmiers	Papier	Poids totale
Boues + DV R1	60%	40%			3,042 Kg
Boues + DV R2	60%	40%			3,160 Kg
Boues + PaPR1	60%			40%	3,045 Kg
Boues + paP R2	60%			40%	3,360 Kg
Boues + DPAL R1	60%		40%		3,012 Kg
Boues + DPALR2	60%		40%		3,109 Kg

DV: Déchets vertes / **D PAL:** Déchets des palmiers / **PAP:** Papier

-Avant le lancement des essais Les six composteurs en plastique déjà préparée.

-Les déchets prêts: les déchets verts et les déchets des palmiers broyés, le papier haché manuellement, puis sur un sachet plastique en mélange et homogénéisé les échantillons.

-Les échantillons étant secs, nous les hydratons avec une quantité d'eau pour assurer l'humidification et ajoutons un agent gonflant des cubes en bois. Homogénéisé puis versés à des composteurs.

-le retournement manuel chaque semaine pour améliorer l'aération du mélange. Toujours l'humidité est contrôlée, et au cas le mélange sèche il doit être humidifié avec de l'eau.



Figure 8. Le mélange final du compost le premier jour

Notre travail a été réalisé au laboratoire de département de la science de la Nature et de la Vie d'El-Hadjeb (Biskra).

4. liste des besoins

Tableau 2: liste des appareils, le matériels, les réactifs et les milieux de culture utilisés.

Appareilles	Réactifs	Milieux de culture
-Balance	-Phénolphtaléine	-Chapman
- Etuve dessiccation 105°C	-HCl	-milieu SS
-Four à moufle à 360°C	-Glucose	-PDA
-pH mètre	- NaOH	-Gélose nutritif
- Conductimètre	-Cl ₂ Ba	- Gélose Mac conkey
-Agitateur magnétique		
-thermomètre		
- Microscope optique		

5. Les paramètres physico-chimiques et microbiologiques

Les paramètres mesurés au cours de ces essais sont réalisés avant et durant le processus de compostage et à la fin, Nous avons déterminé les paramètres physico-chimiques et biologiques du compost au coure de compostage, et aussi l'évaluation de la valeur agronomique et la maturité du produit fin

5.1. Les paramètres physico-chimiques

Plusieurs paramètres ont été utilisés pour caractériser la qualité physique, chimique des composts. Ces paramètres sont : La température, le pH, la conductivité, matière organique (MO%), l'ammoniac N- NH₃, le carbone organique (COT), l'azote (N%), et l'humidité (H%).

5.1.1 Mesure de la température

La température des six réacteurs a été mesurée par un thermomètre introduite complètement des différents cotés et de centre de mélange (3 fois) pour avoir la moyenne de la température des 3 mesures réalisée.

-Préparation de la suspension à analyser

-Dans un bécher, on a mélangé 100 ml d'eau distillée avec 10g des échantillons (B+PAP), (B+DV), (B+DPAL).

-Après demi-heure d'agitation à l'aide d'un agitateur magnétique Laisser décanter 30 min.

-Le filtrat obtenu utilisé pour mesurer le pH/CE de chaque réacteurs (Voir Annexe 3).

5.1.2. Le (pH) le potentiel hydrogène

Le pH est la mesure de l'acidité ou de la basicité d'une solution. Mesuré directement par un pH-mètre d'une électrode de verre immergé dans les filtrats des suspensions obtenues. la valeur du pH est donnée par l'appareil illustré dans la figure N°9.



Figure 9. mesure de pH à l'aide d'un pH mètre de type(HANNA).

5.1.3. La conductivité électrique (CE)

La CE est déterminé par un conductivimètre d'une électrode immergé dans les filtrats des suspensions obtenus, le résultat affiché sur l'appareille illustré dans (voire annexe 4)

5.1.4. L'humidité relative (H%)

L'humidité C'est le pourcentage d'eau présent dans le compost. Le taux d'humidité obtenue après séchage de l'échantillon à 105°C jusqu'à un poids constant.

Mode opératoire :

- ✓ Peser 10g de l'échantillon dans un boîte pétrie en verre.
- ✓ sécher à l'étuve à 105 °C pendant 48 heures (Voir annexe5).

La teneur en matière sèche de l'échantillon se calcule selon la formule ci-dessous.

CALCULS :

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

P_0 = poids de creuset.

P_{tf} = Poids frais de l'échantillon après la dessiccation final.

P_{ti} = poids total initial de l'échantillon (10g + P_0).

$$\text{Humidité (\%)} = 100 \% - \text{Totale solide} \dots\dots\dots \text{Formule 2}$$

5.1.5. La matière organique (MO%)

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

Mode opératoire :

- ✓ On pesé 10g d'échantillons dans un creuset en porcelaine de poids connue.
- ✓ Nous avons met l'échantillon dans un four à moufle 550°C/16h (Annexe6).

Le taux de la matière organique est calculé en pourcentage selon cette formule:

CALCULS :

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

P_0 : Poids de creuset.

P_{tf} : Poids total final de l'échantillon après l'incinération.

P_{ti} : Poids total initial de l'échantillon (10g + P_0).

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

5.1.6 Carbone organique dissous (COD)

○ Extraction

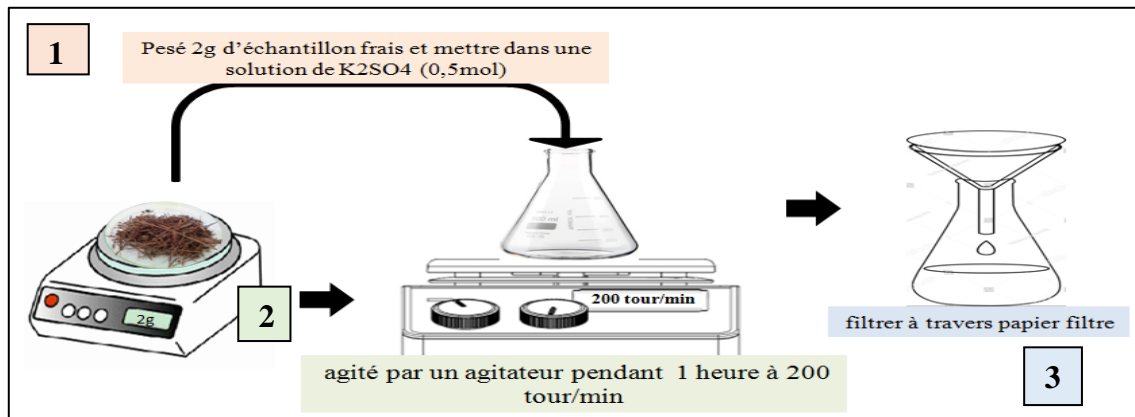


Figure 10. Les étapes d'extraction de carbone organique d'échantillons (schéma personnelle)

○ Digestion

- Dans des tubes de 100x12cm on met :

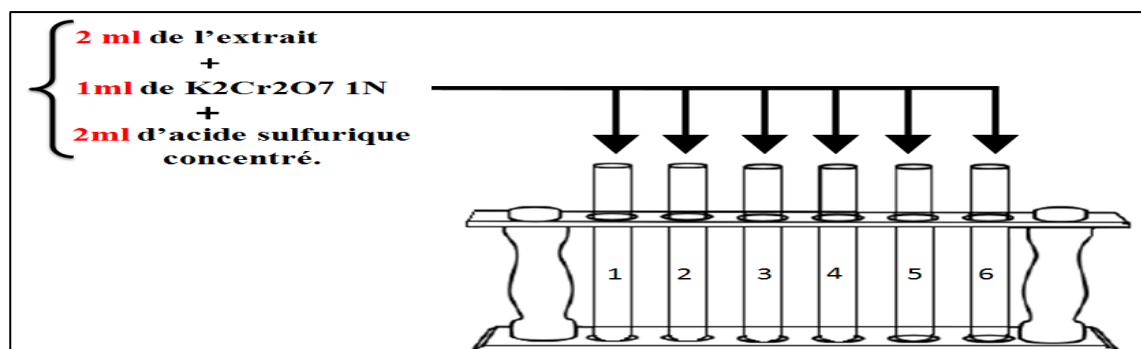


Figure 11. Digestion d'échantillons (schéma personnelle)

- placé à l'étuve à $160^\circ C$ pendant 30 min.
- On laisse refroidir et on ajoute 1ml de $BaCl_2$ 6% afin de précipiter l'excès de sulfates.
- A la fin, nous avons mesuré les absorbance à 595nm.

5.1.7 Le carbone organique CO%

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

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

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

5.2. Les Paramètres biologiques

5.2.1 Mesures de la respiration du compost

L'un des indicateurs de l'activité biologique est la production de CO₂ dans les conditions aérobies, ce paramètre est basé sur une mesure de l'activité respiratoire des micro-organismes présents dans le compost.

Le but de ces tests biologiques est l'évaluation de la maturité du compost par la présence ou l'absence des bactéries de la décomposition et ses activités.

5.2.1.1 La Respiration Basale

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

➤ Mode opératoire :

La respiration basale a été déterminée par la mesure de l'évolution de CO₂.

1. En peser 5 g de poids frais de chaque échantillon.
2. 20 ml de la solution préparée de NaOH (30 mmol).
 1. Mettre les deux dans une boîte de 250 ml et incubée à 25 °C pendant 2h et pendant 4h (Nous l'essayerons deux fois).
3. Le CO₂ produit à partir de l'échantillon était piégé dans NaOH 30mmol.

➤ La Titration

1. Remplir la burette par HCl 10mmol.
2. dans un bécher mettre :- **5ml NaOH.**
 - **1ml Cl₂Ba.**
 - **2 gouttes de phénolphthaléine.**
3. Titration avec la solution d'HCl (10 mmol) jusqu'à le virage au blanc (rose vers le blanc).

Refaire 03 essais pour obtenir une valeur moyenne de titre (Voir annexe7).

- La respiration est d'abord calculée en mg par la formule 1 puis par la formule 2.

5.2.1.2 Respiration induite par le substrat (SIR)

La (SIR) est la respiration du composte mesurée en présence d'un substrat ajouté tel que le fructose, le glucose, les acides aminés (Anderson, 1982 ; Aira *et al.*, 2007).

➤ Mode opératoire :

- La préparation des solutions de fructose : de concentration 80% (80mg fructose dans 100ml d'eau distillé) et 100% (100mg dans 100ml d'eau distillé).

2. pèse des échantillons frais (5 g) de chaque échantillon avec 0,75ml fructose 80% ou 100% ,Différentes concentrations de fructose doivent être appliquées à l'échantillon.
3. 20 ml de la solution préparée de NaOH (60 mmol).
4. mettez dans des récipients de 250 ml bien fermés et incubés à 25°C pendant 4heures Incuber l'échantillon à des moments de durée variable 2H /4H ou 6H
5. Le CO₂ produit à partir de l'échantillon a été piégé dans NaOH 60mmol

➤ La Titration

1. Remplie la burette par HCl 20mmol.
2. dans une bécher mettre :- **5ml NaOH.**
-1ml Cl₂Ba.
-2 gouttes de phénolphaléine.
3. Titration avec la solution d'HCl (20 mmol) jusqu'à le virage au blanc (rose vers le blanc), Refaire essais 03fois pour obtenir une valeur moyenne.

La respiration basale et SIR est calculée en mg par la formule 1 suivante :

$$[\text{CO}_2] \text{ mg} = (\text{Vb} - \text{Ve}) \times 22 \times [\text{HCl}] \times 4 \dots \dots \dots \text{Formule 1}$$

Vb : volume HCl pour le blanc.

22 : le poids molaire de CO₂.

4 : facteur de dilution.

Ve : volume HCl pour l'essai

Le CO₂ est exprimé en mg par la formule 2 suivante :

$$[\text{CO}] \text{ mg} = [\text{CO}] \text{ mg /h.p.s.} \dots \dots \dots \text{Formule 2}$$

Chapitre 04. Résultats et Discussion

6. Résultats des paramètres physico-chimiques au cours de compostage

6.1. L'évolution de la température

D'après le (tab.3 et 4), au début de compostage les valeurs varient entre [20-47] C°, qui correspondent à la phase mésophile puis, ils ont augmenté pour atteindre des valeurs maximal entre [50 et 67] C° au cours de la phase thermophile.

Les valeurs de températures minimales en phase finale de compostage et de stabilisation sont de 15°C et 16°C dans les traitements Asp1 (b+Pw) et Rw1 (b+Pw) respectivement, alors que des températures maximales de 29 et 30 ont été observé au niveau des traitements R2 (B+PAL), CAC, IAC, MRC.

Tableau 3. L'évolution de la température au cours de compostage.

dates	le type de déchets a composant			Référence
	B+dv	B+pap	B+pal	
9 FEV	19	19	19	Nos résultats préliminaires
13 FEV	21	21	21	
20 FEV	29	23,5	23	
27 févr	26,5	22,5	21	
06Mars	28	28,5	24	

Tableau 4. L'évolution de la température au cours de compostage.

Type de déchets à Composter	T (C°)			références
	T _i	T _{max}	T _f	
T1a	46	58	22	(Lo et al., 2020)
T2a	47	58	22	
T3a	45	55	23	
b+ws	20	46	25	(Uçaroğlu et Alkan, 2015)
b+cc	20	61	26	
Bh+Dj	25	55	28	(Zaim et al., 2007)

Asp1 (b+Pw)1	25	49	15	(Nikaeen et al., 2015)
Rw1 (b+Pw)1	25	55	16	
R1 (B+pal)	30	65	29	(El Fels et al., 2014)
R2 (B+PAL)	30	65	29	
IAC	30	55	29	(Cai et al., 2007)
CAC	30	63	30	
MRC	30	55	30	
B+F	36	54	25	(Bihaoui et al., 2010)

Ces résultats montrent que tous ces variations de la température était typique d'un modèle classique du compostage et un indice du degré de réussite du ce processus.

Des résultats similaires ont été rapportés par Gea et al. (2007) et Zennaro et al. (2005) et Cai et al. (2007) montrant que le contenus des bous en métaux et de matières grasses influence l'évolution de températures, qui sont plus basses en présence des métaux alors que les matières grasses ont un haut teneur en énergie chimique responsable de la longue phase thermophile, et que Les hautes températures enregistrées durant cette période sont dues à la forte activité lipolytique.

Il est à noter qu'au niveau du compostage en andain des ordures les températures peuvent atteindre 65 à 70°C au bout d'une semaine cette phase montre l'importance de nature et la quantité des déchets compostés Temgoua et al. (2014). L'augmentation de température est liée aux réactions exothermiques dues à l'utilisation de la matière organique facilement biodégradable par les microorganisme (Dumontet et al., 1999).

6.2L'évolution de pH

D'après le (tab.5et6), les valeurs de pH au début de compostage sont comprissent entre 6 et 7, ces valeurs augmentent vers un pH alcalin dans la plus part des traitements, avec des valeurs maximale de 8.5 dans le compost P+PS et 9 pour B+F. puis il abaisse a la neutralité.

Tableau 5. Les variations de pH au coure de compostage.

dates	le type de déchets a composant			Référence
	B+dv	B+pap	B+pal	
9 FEV	6,65	6,915	7,01	Nos résultats préliminaires
16FEV	7,02	7,185	7,285	
24FEV	6,69	6,425	6,225	
09Mars	7,25	6,99	7,16	

Tableau 6. les variations de pH au coure de compostage.

le type de déchets a composant	pH		Référence
	pH _i	pH _f	
R _a : b+ws	6,9	6,7	(Uçaroğlu et Alkan, 2015)
R _c : b+cc	6,8	6,3	
R1 (B+pal)	6,3	6,7	(El Fels et <i>al.</i> , 2014)
R2 (B+PAL)	6	7	
Asp1 (b+Pw)1	7,6	8,1	(Nikaeen et <i>al.</i> , 2015)
RW1(b+Pw)2	7,6	8	
L30	6,7	7,97	(Gea et <i>al.</i> , 2007)
P+PS	7,9	8,5	(Campbell et <i>al.</i> , 1995)
B+F	6	7,5	(Bihaoui et <i>al.</i> , 2010)
Bh+Dj	7,9	8,1	(Zaim et <i>al.</i> , 2007)

Avec nos résultats primaires (B+dv, B+pap, B+Pal) nous avons observé une augmentation du pH vers une valeur autour de 7. Selon Bernal et *al.* (2009) que le pH est parmi les indicateurs de la détermination de la maturité et la qualité d'un compost, cependant, La baisse du pH au début du compostage est dû à la production d'acides organiques suite à la

dégradation des glucides, des lipides et d'autres substances Znaïdi (2002), les boues de station d'épuration contiennent un taux important de lipides ce qui explique également l'acidité au début.

La disparition des acides provoque l'augmentation du pH au cours du aussi l'alcalinisation du milieu suite à l'hydrolyse bactérienne de l'azote protéique et organique avec production d'ammoniac (Niklasch et Joergensen, 2001).

6.3. La conductivité électrique

Les tableaux ci-dessous montrent les valeurs de la CE des différents compostes, avec des valeurs minimales en fin du processus 0,55 ms/cm au niveau du compost Bh+Dj et maximale de 4,7ms /cm dans le compost P+PS.

Tableau 7.L'évolution de conductivité au cours de compostage.

dates	le type de déchets a composant			référence
	dv(ms/cm)	pap(ms/cm)	pal(ms/cm)	
9 FEV	1,435	0,59	2,51	Nos résultats préliminaires
16FEV	1,73	1,195	2,735	
24/02/2020	1,31	1,025	1,49	
09/03/2020	1,285	0,73	1,345	

Tableau 8.L'évolution de conductivité au cours de compostage.

Le type des déchets a composant	CE (ms/cm)		référence
	CE _i	CE _f	
T2a	[2-2,5]	[1,5-2]	Lo et al., 2020
T3a			
R _a : b+ws	[2,35-2,55]	[2-2,9]	Uçaroğlu et Alkan, 2015
R _c : b+cc	[3,30-3,19]	[3,5]	
B+F	a	2,73	(Bihaoui et al., 2010)

Bh+Dj	[0,5 à 0,1]	[0,55]	(Zaim et <i>al.</i> , 2007)
P+PS	[1,4 et 2,8]	[4,2 et 4,7]	(Campbell et <i>al.</i> , 1995)
MRC	[2 - 2,4]	[2,7 – 3,2]	(Cai et <i>al.</i> , 2007)
CAC			

a : valeur non mesuré

La chute de la conductivité durant le compostage est inhabituelle, elle est souvent attribuée à la diminution des ions nutritifs solubles fixés durant la prolifération rapide des micro-organismes aérobies et leur précipitation sous forme de sels minéraux insolubles ou par volatilisation ammoniacale (Wong et *al.*, 2001).

Selon Ammari et *al.* (2012) Ceci peut être lié au fait que le compostage en favorisant la dégradation de la matière organique favorise la libération de matières minérales qui contribuent à augmenter la conductivité électrique.

6.4. L'humidité relative (H en %)

A partir le (tab.9et10)nous avons remarqué les niveaux d'humidité pendant le Co-compostage de boues, nous avons observé une valeur minimale de 45,9% au niveau du traitement R_a : b+ws et un taux maximal de 64.1% dans Asp1 (b+Pw)1 une diminution des teneurs en humidité a été observé dans tout les traitements , avec une valeur minimale de 19% mesuré au niveau du compost P+PS.

Tableau 9. la variation de l'humidité relative pendant le compostage.

dates	le type de déchets a composant			Référence
	Dv (%)	Pap(%)	Pal(%)	
9 FEV	46,45	57,5	55,6	Nos résultats Préliminaires
16FEV	56	55	54,25	
24/02/2020	56,5	58	55	
09/03/2020	61	51	51,5	

Tableau 10. la variation d'humidité pendant le compostage.

Le type des déchets a composant	H°(%)		références
	H _i	H _f	
T1a	32	10	(Lo et al., 2020)
T2a			
T3a			
R _a : b+ws	45,9	a	(Uçaroğlu et Alkan, 2015)
R _c : b+cc	50,6		
Asp1 (b+Pw)1	64,1	38,9	(Nikaeen et al., 2015)
Rw1 (b+Pw)1	54,4	30,8	
B+F	52	45	(Bihaoui et al., 2010)
L30	48.2	≤40	Gea et al., 2007
P+PS	[40- 55]	[19- 25]	(Campbell et al., 1995)

a : valeur non mesuré

Cette diminution en H % est en raison de l'évaporation pendant la phase thermophile, et Ceci est prouvé dans les essais de (Pérez *et al.*, 2000).

Dans les travaux de Gea et al. (2007) à la fin de compostage les déchets d'origine végétale ont des taux d'humidité beaucoup plus élevés que ceux Co-compostés contenant des matières grasses comme le cas des boues.

Selon Gomez (2006) les échantillons de compost avec une humidité inférieure à 35% sont biologiquement inactifs. L'humidité entre 40 à 60% est optimale pour un bon compostage.

6.5. La matière organique (MO en %)

Le (tab11 et12) montre que dans tout les essais, une perte en MO avec des valeurs initiaux allant de 62 à 87,2% vers des taux entre 14,7 à 60%.

le compost final issus des traitements Ra et R_b présentent le plus faible taux de MO (<15%) alors que le compost final issu du traitement Bh+Dj présente le taux le plus élevé en MO (60%), cela peut être expliqué par les apports des boues et déchets verts, car la minéralisation de la matière organique se stabilise lentement, due probablement à la cellulose et à la lignine des déchets de jardin qui réduisent la biodisponibilité des substrats organiques (Lynch, 1993 ; Vikman *et al.*, 2002).

L'augmentation de la proportion des boues dans les mélanges initiaux intensifie la minéralisation.

Tableau 11. Les variations de matière organique durant le compostage (Nos résultats).

Dates	le type de déchets a composant			Référence
	dv MO (%)	pap MO(%)	pal MO (%)	
9 FEV	77,27	82,595	81,55	Nos résultats préliminaires
16FEV	76,9	78,75	75,795	
24/02/2020	75,95	76,65	75,5	

Tableau 12. Les changements de matière organique pendant le compostage.

Type de déchets a composant	MO (%)		Référence
	Mo _i (%)	MO _f (%)	
T1a	[62-32]	[19,3 et 27]	(Lo <i>et al.</i> , 2020)
T2a			
T3a			
R _a : b+ws	80,5	14,7	(Uçaroğlu <i>et Alkan</i> , 2015)
R _c : b+cc	77	37,4	
R2 (B+PAL)	65	42	(El Fels <i>et al.</i> , 2014)
Bh+Dj	85	60	Zaim <i>et al.</i> , 2007

L30	87,2	a	(Gea et <i>al.</i> , 2007)
Pco	78	62	(Bernai et <i>al.</i> , 1998)
Asp1 (b+Pw)	70,2	54,4	(Nikaeen et <i>al.</i> , 2015)
Rw1 (b+Pw)	70,2	53,5	

a : valeur non mesuré.

La principale raison de cette minéralisation est l'utilisation par les microorganismes des substances organiques indispensables à leur métabolisme (Francou, 2003).

Dans notre cas la minéralisation est faible du faite que la mesure de la MO est uniquement réalisée en phase initiale du compostage.

6.6. Le rapport C/N (en%)

(Le tab.13) suivant présente les rapports C/N des différents composts initiaux et finaux, Ainsi nous observons une diminution du rapport C/N dans tout les composts avec des valeurs minimales <11 dans la plus part des essais, alors que la diminution du C/N est très faibles au niveau du traitement R_a: b+ws.

Tableau 13. Les changements de rapport C/N (en %).

le type de déchets a composant	C/N(en%)		Référence
	initial	final	
T1a	a	8,6-10,6	(Lo et <i>al.</i> , 2020)
T3a			
R _a : b+ws	42,2	41	(Uçaroğlu et Alkan, 2015)
R _c : b+cc	6,8	6,3	
R2 (B+PAL)	27,4	10,8	(El Fels et <i>al.</i> 2014)
Asp1 (b+Pw)1	20	11,7	(Nikaeen et <i>al.</i> , 2015)
Tw1 (b+Pw)1			
B+F	60	42	(Bihaoui et <i>al.</i> , 2010)

Bh+Dj	25	18	(Zaim <i>et al.</i> , 2007)
P+PS	>28	13,6	(Campbell <i>et al.</i> , 1995)
	>299	66	
Pco	15	9,7	(Bernai <i>et al.</i> , 1998)
NW	14	16	(Elvira, 1996)

a : valeur non mesuré.

La diminution du C/N est principalement lié à la décomposition de la matière organique et à la perte de carbone organique dû à l'oxydation biologique de la matière organique et le rejet de CO₂ conduisant simultanément à une augmentation de la proportion d'azote total du milieu (El Fels *et al.*, 2014).

Ces résultats observés dans le (tab.10) sont confirmés par plusieurs travaux : la chute de matière organique presque proportionnel à la chute de teneur en carbone et rapport C/N.

La valeur optimale du rapport C/N qui peut garantir un bon démarrage et un bon déroulement du compostage se situe selon les auteurs entre 25 et 30 (Gootas, 1959 ; Mustin, 1987).

Un rapport de C/N inférieur à 12 témoigne de la bonne qualité du compost final obtenu comme suggéré par (Brinton, 2000).

7. Résultats des paramètres physico-chimiques au cours de compostage

7.1 La diversité des communautés microbiennes du composte

Le (tab.14) montre les différentes communautés microbiennes. Le suivi de l'évolution des microorganismes apparaît essentiel à la compréhension des phénomènes liés à l'intervention des microorganismes dans la transformation de la matière organique. En fonction de la température, notons :

Le jour du processus Les bactéries mésophiles, actinomycètes, Champignons étaient prédominants, après 48 h une chute a été maintenue sur un niveau très bas.

La domination des thermophiles commence dès 72h du processus et atteint 12965,3, en 96 h, après 120h une diminution significatif des thermophiles jusqu'à 1,15 UFC 10^{-6} g.

Tableau 14. Les population microbiennes pendant le compostage
(Wolna-Maruwka et al., 2009).

Type de déchets à composté	K1 :50% de boues d'épuration + 45% de sciure +5% de paille.						
Durée	1h	24h	48h	72h	96h	120h	525h
T (C°)	18	33	44	50	53	56	29
B,Mésophiles Ufc. 10^{-6} g ⁻¹	634,43	848,3	9,05	0,03	0,38	0,010	0,004
B,thermophiles Ufc. 10^{-6} g ⁻¹	27,5	117,6	221	464	12965,3	166,54	1,15
Actinomycètes Ufc. 10^{-6} g ⁻¹	1319,7	2232,6	76,64	28,2	3,04	6,48	11,27
Champignons Ufc. 10^{-6} g ⁻¹	1106,3	53,36	30,89	1,37	0,77	1,04	0,09

Au cours du compostage, se succèdent des microorganismes mésophiles, puis thermophiles puis à nouveau mésophiles et actinomycètes.

Selon Rashad et al. (2010), la succession microbienne pendant le compostage et a rapporté qu'au stade précoce du compostage, la croissance des actinomycètes est responsable de la décomposition initiale de la matière organique et de la production de chaleur, à des température inférieure à 40°C le nombre des actinomycètes dans les matériaux compostés liés à la chute de température augmente indique la maturation du compost (Wieland et Sawicka, 2000).

Le rôle des actinomycètes dans le compostage est très important car ces organismes participent à la dégradation des ligninocelluloses en étant les précurseurs de la création de l'humus (Ryckeboer et al., 2003).

Les champignons bénéficient de la diminution de la température, du pH et de la teneur en humidité au fur et à mesure que le processus évolue, par conséquent, le nombre de populations de champignons mésophiles est resté élevé jusqu'à la fin de l'expérience Debertoldi et *al.* (1983), aussi rapporté par (Vargas-García et *al.*, 2010) .

Selon Janda et Falkowski (2003) les microorganismes thermophiles ont une capacité de développement dans températures élevés dû aux propriétés biochimiques spécifiques et leur structure morphologique.

Un effet inhibiteur de la température élevée obtenu en phase thermophile sur des bactéries appartenant à la famille des Enterobacteriaceae a également été rapporté par d'autres auteurs (Hassen et *al.*, 2001).

Riffaldi et *al.* (2008) ont observer que jusqu'à la fin de la phase thermophile, les concentrations en bactéries protéolytiques, ammonifiantes et cellulolytiques augmentent, traduisant la dégradation des protéines complexes du déchet en acides aminés puis en azote ammoniacal et la dégradation progressive des molécules carbonées initialement insolubles. Les bactéries ammonifiantes et protéolytiques chutent ensuite significativement alors que la concentration en bactéries nitrifiantes connaît l'évolution inverse et que la concentration en bactéries cellulolytiques continue à croître (Tremier et *al.*, 2007).

7.2La respiration microbienne

La respiration fait généralement référence à l'activité totale biologique aérobie du composte, résultant de la décomposition de matière organique induisant la libération du CO₂ en phase finale de la minéralisation du carbone. Elle peut être utilisée comme un indicateur de la performance du processus de compostage et de la stabilité d'un composte (Ponsá et *al.*, 2009).

Le (tab.15 et16) a, montre la production du CO₂ des différents essais de compostage, une diminution significative de la RB (taux de CO₂) dans tous les essais, cette diminution est caractéristique de l'avancement du processus du compostage et de l'augmentation du degré de maturité, selon Amir (2005) la biomasse microbienne et la respiration basale diminuent avec l'âge du compost.

Tableau 15. la respiration basale et SIR (substrat induced respiration) pendant le compostage.

le type de déchets a composant	respiration de composte ($\mu\text{gCO}_2/\text{h.g}$)				référence
	Basale		sir		
	11févrie	9mars	11FévrE	9mars	
DV+b	180,4	255,2	234,43	220	Nos résultats préliminaires.
Pap+b	92,4	111,76	80,26	264	
Pal+B	180,5	123,2	70	308	

Tableau 16. la variation de respiration dans différents compostes.

le type de déchets à composter	respiration basale (RB) de composte (le taux en CO_2)		référence
	initial	final	
PA	63%	49 %	(Margesin et <i>al.</i> , 2006)
PB	33%	14%	
L30	2,4 ($\mu\text{g}/\text{h.g}$)	1,1($\mu\text{g}/\text{h.g}$)	(Gea et <i>al.</i> , 2007)
Asp1	11,5($\mu\text{g}/\text{h.g}$)	8,3($\mu\text{g}/\text{h.g}$)	(Nikaeen et <i>al.</i> , 2015)
RW1	9,4($\mu\text{g}/\text{h.g}$)	7,7($\mu\text{g}/\text{h.g}$)	

Un compost immature est caractérisé par une demande en O_2 et un taux de production de CO_2 importants, dus à une intense activité microbienne provoquée par la forte biodégradabilité des substrats, contrairement à un compost mature, plus stable et moins actif Albrecht (2007), ce qui est le cas pour notre substrat, où nous observons une augmentation de la production du CO_2 , au cours du temps (tab.16).

Conclusion

Dans notre étude, qui porte sur le traitement des boues d'épuration mélangée avec des déchets verts mortes , déchets des palmiers, et du papier par le compostage.

Nous n'avons pas réussi à terminer le suivi des paramètres physico-chimiques (Température, pH, CE, H%, MO%, CO%, N_{tot} , C//N), et biologiques (RB, SIR, flore microbienne) jusqu'à la fin du processus (**à cause du confinement sanitaire**), à fin d'évaluer le produit final qui le composte. Par ailleurs de nombreux chercheurs ont prouvé la faisabilité de convertir la boue mélangés à d'autres substrats en bon compost respectant les normes d'hygiène mondiales. Pour un excellent départ de compostage une bonne humification de la matière organique, doit être sélectionné des conditions optimale doivent être assurés : le rapport C / N initial (25-30) et l'humidité entre 55 -60 %, l'aération, et le retournement.

Après quelque mois (de dépend de la nature du substrat,) il existe des variations significatives dans ces caractères physicochimique et microbiologique, Nous avons remarqué lors de compostage une élévation de température d'environ 65C° résultat d'hydrolyse de la matière organique , la respiration reflétant une activité microbienne intense qui correspondent a la phase thermophile conduit à la pertes de matière sèche éliminerait les microorganismes pathogènes. Après que le compost atteint la phase de refroidissement, la majorité des compostes atteint le degré de maturation : la stabilité de matière organique, pH neutre et CE adéquats, richesse en élément minérales, une diminution du rapport C /N inférieur à 12, diminution en humidité 30-25%, la disparition de la flore microbienne pathogènes. Ainsi le compostage permet également une hygiénisation des boues fortement polluée en raison des charges élevées de matière fermentée et élimination totale des germes de contamination fécale et des œufs d'helminthes.

Les déchets des industries peuvent être traités et éliminés ou divers déchets agricoles à valeur organique peuvent être transformant en compost utilisé comme amendement organique et minéral pour les sols pauvres, sans risque d'impact négatif sur l'environnement ou la santé humaine.

Ces résultats soutiennent l'idée d'utiliser le processus de compostage pour réduire l'impact environnemental, les risques d'agents pathogènes, Les vues et les odeurs nauséabondes des déchets. Le composte peut être utilisé avec sécurité utilisé sur les terres agricole comme bio-engrais.

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

- de recycler les déchets et les déchets de palmiers disponibles dans la région de Biskra avec les boues des STEP qui sont accumulation et de mauvaise utilisation dans notre pays et obtenir des engrais de haute qualité.
- Passer de la valorisation agricole à la valorisation énergétique via le procédé de méthanisation, qui a un formidable rendement sur la réduction de la boue et la production d'électricité et diverses sources d'énergie.

Références bibliographiques

1. Adani F., Genevini P.L., Gasperi F., Tambone F. 1999. Composting and humification. *Compost Science & Utilization*(7):24-33
2. Addou A.2009.développement durable traitement des déchets valorisation ,élimination .ellipses, paris.282p.
3. ADEME. 2006. Les bases du co-compostage à la ferme: Fiche B: Procédé de compostage à la ferme.
4. 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.
5. Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse 2-4 allée de Lodz 69363 Lyon cedex 07.2016.Qualité des boues recyclées des stations d'épuration urbaines bassins rhône méditerranée et corse évolution de 2000 à 2014[en ligne],Disponible sur : www.eaurmc.fr (Consulté le 05/02/2020).
6. Agence De l'Environnement et de la Métrise de l'Energie (ADEME) .2001. Les boues chaulées des stations d'épuration municipales : production qualité et valeur agronomique, Ademe édition, Paris. P : 224.
7. Aira M., Monroy F., Dominguez J. 2007. *Eisenia fetida* (Oligochaeta: Lumbricidae) Modifies the structure and physiological capabilities of microbial communitiesimproving carbon mineralization during vermicomposting of pig manure.*MicrobialEcology* 54:662-671
8. Albrecht R.2007.Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts: nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique.Doctoral dissertation, Université de droit, d'économie et des sciences-Aix-MarseilleIII, France, 190p
9. Amir S., Hafidi M., Merlina G., Revel J C.2005. Sequential extraction of heavy metals during composting of sewage sludge. *Chemosphere* 59(6):801-10

10. Anderson J. P. 1982. Soil respiration. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, methodsofsoilan2:831-871.
11. Asnour M. 2017. Optimisation de la gestion des déchets ménagers dans quelques villes de l'Ouest algérien. Thèse de doctorat.
12. Avnimelech Y., Bruner M., Ezrony I., Sela R., Kochba M. 1996. Stability indexes for municipal solid waste compost. *Compost Science & Utilization* 4 :13-20
13. Ayuso M. (1996). Biochemical and chemical-structural characterization of different organic materials used as manures. *Bioresource Technology*, 57(2), 201-207.
14. Azim K., Soudi B., Boukhari S., Perissol C., Roussos S., Alami I. 2018. Composting parameters and compost quality: a literature review. *Organic Agriculture*8(2):141-158.
15. Barrington S., Choinière D., Trigui M., Knight W. 2002. Effect of carbon source on compost nitrogen and carbon losses. *Bioresour. Technol* 83:189–194.
16. Barros A., Santos J., Prasad S., Leite V., Souza A., Soledade L., dos Santos V. 2006. Thermal decomposition study of sewage sludge and of organic waste used in the sorption of metals. *Journal of thermal analysis and calorimetry* 83(2) :291-295.
17. Bayard R., Gourdon R. 2007. Traitement biologique des déchets. *Techniques de l'Ingénieur* 3966 :1-23p.
18. Bayard R., Gourdon R., Thiery L. 2001. Aide à la définition des déchets dits biodégradables, fermentescibles, méthanisables, compostables. Rapport final, Association RECORD, Contrat n 00-0118 A, 1, 2001.
19. Bernal M., Navarro A., Sánchez-Monedero M., Roig A., Cegarra 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.
20. Bihaoui, B., Rihani M., Mountadar M., Malamis D., Loizidou M., Assobhei O. 2010. Valorisation des boues de traitement des eaux usées d'une unité laitière par compostage aérobie. *sciences et techniques*58:16-21.

21. Brinton W. F., Evans E., Droffner M. L., Brinton R. B. 1995. Standardized Test for Evaluation of Compost Self-Heating. *Biocycle* 36: 64-69
22. Cai Q., Mo C., Wu Q., Zeng Q., Katsoyiannis, A. 2007. Concentration and speciation of heavy metals in six different sewage sludge-composts. *Journal of Hazardous Materials* 147(3):1063-1072.
23. Campbell A., Zhang X., Tripepi, R. 1995. Composting and Evaluating a Pulp and Paper Sludge for Use as a Soil Amendment/Mulch. *Compost Science & Utilization* 3(1):84-95.
24. Charnay F. 2005. Compostage des déchets urbains dans les Pays en Développement. Elaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, 277p.
25. Dayegamiye A., Drapeau S., Huard Y. 2004. Intégration de boues mixtures et de fumiers dans des rotations agricoles. Réponse des cultures et interactions avec les propriétés du sol 15(2) :p83
26. Debertoldi M., Vallini G., PERA A. 1983. The biology of composting. A review. *Waste Management & Research* 1(2):157-176.
27. Degreemont .1989. Mémento technique de l'eau ,9ème édition, 119-130p.
28. Dudkowski A. L'épandage agricole des boues de stations d'épuration d'eaux usées urbaines. *Courrier de l'Environnement de l'INRA*. 2000, 134-135 p. (in Mémoire de Magistère
29. Dumontet S., Dinel H., Baloda S. B. 1999. Pathogen reduction in sewage sludge by composting and other biological treatments: A review. *Biological agriculture & horticulture* 16(4) : 409-430.
30. ElFels L. 2014. Suivi physico-chimique, microbiologique et ecotoxicologique du compostage de boues de step mélangées à des déchets de palmier : validation de nouveaux indices de maturité. Thèse de doctorat d'état, Institut National Polytechnique de Toulouse, 295p.

31. ElFels L., Zamama M., El Asli A., Hafidi M. 2014. Assessment of biotransformation of organic matter during co-composting of sewage sludge-lignocelulosic waste by chemical, FTIR analyses, and phytotoxicity tests. *International Biodeterioration & Biodegradation* 87:128-137.
32. Elvira C. 1996. Bioconversion of solid paper-pulp mill sludge by earth worms. *Bioresource Technology* 57(2):173-177.
33. Fabrizio A., Giovanni G., Federico V., Rosanna Laraia. 2003. Respiration Index Determination: A Comparative Study of Different Methods, *Compost Science & Utilization*(11):144-151
34. Franco C. 2003. Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage: Recherche d'indicateurs pertinents. Thèse de doctorat d'état. Dissertation, Institut national agronomique Paris- Grignon, France, 288 p
35. Gea T., Ferrer P., Alvaro G., Valero F., Artola A., Sánchez A. 2007. Co-composting of sewage sludge: fats mixtures and characteristics of the lipases involved. *Biochemical Engineering Journal* 33(3): 75-283.
36. Ghiti H., Ouahrani G., Salutiano M. 2014. Evaluation of microbial catabolic patterns and substrate induced respiration in various vermicomposting designs of organic waste by *Eisenia fetida*. *Annals of Biological Research* 5:52-57
37. Ghiti H., Ouahrani G., Salutiano M. Perez D. 2016. Effects of Epigeic Earthworms, *Eisenia fetida* on Carbon and Nitrogen during Vermicomposting of Fresh Bio-waste, *Basic and Applied Research (IJSBAR)*, vol 27, No 2, 148 p.
38. Gomez Brandon M., Lores M., Perezdiaz D., Dominguez, J. 2006. Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. *Soil Biology and Biochemistry* 38(9):2993-2996.
39. Guet G. 2003. *Mémento d'agriculture biologique*. Edition : Agri décisions, Paris

40. Hassen A., Belguith K., Jedidi N., Cherif A., Cherif M., Boudabous A. 2001. Microbial characterization during composting of municipal solid waste. *Bioresource technology* 80 (3):217-225.
41. Hua L., Chen Y., Wu W., Ma H. 2011. Microorganism communities and chemical characteristics in sludge-bamboo charcoal composting system. *Environmental Technology* 32(6):663-672.
42. Iranzo M., Cañizares J. V., Roca-Perez L., Sainz-Pardo I., Mormeneo S., Boluda R. 2004. Characteristics of rice straw and sewage sludge as composting materials in Valencia (Spain). *Bioresource Technology* 95(1):107-112.
43. Janda K., Falkowski J. 2003. Termofilny grzyb *Thermomyces lanuginosus*: występowanie i właściwości. *Post. Mikrobiol* 42(1):55-66.
44. Journal officiel de la république algérienne. 2001. Chapitre : du développment du système d'information économique sur les P.M.E. n° 77. Imprimerie officielle. Alger. 8p.
45. Kalamdhad A.S et Kazmi A.A. 2009. Effects of turning frequency on compost stability and some chemical characteristics in a rotary drum composter. *Chemosphere*, 74(10):1327-1334.
46. Kazemi K., Zhang B., Lye L. M. 2017. Assessment of Microbial Communities and Their Relationship with Enzymatic Activity during Composting. *World Journal of Engineering and Technology* 05(03):93-102.
47. Koledzi K. E. 2011. Valorisation des déchets solides urbains dans les quartiers de Lomé (Togo): approche méthodologique pour une production durable de compost (Doctoral dissertation, Limoges).
48. Lo M., Sonko E., hadji M., Dieng D., Ndiaye S., Diop C., Seck A., Gueye A. 2020. Co-compostage de boues de vidange domestiques avec des déchets maraîchers et des déchets de poissons à Dakar (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 13(6):2914.

49. Lynch J. M. 1992. Substrate availability in the production of composts. In Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects, The Ohio State University Press eds, pp. 24-35.
50. Madejón E., Jesús Díaz M., López R., Cabrera F. 2002. New approaches to establish optimum moisture content for compostable materials. *Bioresource Technology* 85(1):73-78.
51. Margesin R., Cimadom J., Schinner, F. 2006. Biological activity during composting of sewage sludge at low temperatures. *International Biodeterioration & Biodegradation* 57(2):88-92.
52. Nikaeen M., Nafez A. H., Bina B., Nabavi B. F., Hassanzadeh A. 2015. Respiration and enzymatic activities as indicators of stabilization of sewage sludge composting. *Waste Management* 39:104-110.
53. Office for National d'assainissement (ONA). 2014. Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie.
54. Peigné J., Girardin P. 200. Environmental Impacts of Farm-Scale Composting Practices. *Water, Air, & Soil Pollution* 153(1-4):45-68.
55. Pérez D., Sole-Mauri F., Rodríguez-Abalde Á., Sampedro L., Ripoll X., Mato S. 2006. Degradation dynamics of several organic matter pools in food processing sludge at different composting temperatures. 157-162
56. Ramdani N. 2015. Transformation De La Matière Organique Au Cours Du Cocompostage De Boues De Station D'épuration Et De Déchets Verts: Approche Expérimentale Pour Une Production Durable De Compost. Thèse De Doctorat, Université D'oran, 230pages.
57. Rashad F. M., Saleh W. D., Moselhy M. A. 2010. Bioconversion of rice straw and certain agro-industrial wastes to amendments for organic farming systems: Composting, quality, stability and maturity indices. *Bioresource Technology* 101(15):5952-5960.

58. Remy albrecht.2007.Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts: Nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique.Thèse de doctorant en Science de l'Environnement, université Paul Cézanne Aix-Marseille, France,196p.
59. Riffaldi R. Cardelli R., Saviozzi A., Cipolli S. 2008. Compost and cattle manure as sources of inorganic sulphur to soil. *Archives of Agronomy and Soil Science* 54(2) :139-147.
60. Robledo-Mahón T., Martín M. A., Gutiérrez M. C., Toledo M., González I., Aranda E., Chica A. F., Calvo C.2019. Sewage sludge composting under semi-permeable film at full-scale : Evaluation of odour emissions and relationships between microbiological activities and physico-chemical variables. *Environmental Research*177:108624.
61. Ryckeboer J., Mergaert J., Coosemans J., Deprins K., Swings J.2003. Microbiological aspects of biowaste during composting in amonitored compost bin. *Journal of Applied Microbiology*94 (1):127-137.
62. Sommer S. G.2001. Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. *European Journal of Agronomy* 14(2):123-133.
63. Tiquia S. M., Wan J. H. C., Tam N. F. Y. 2002. Microbial population dynamics and enzyme activities during composting. *Compost Science & Utilization* 10:150-161.
64. Tremier A., 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.
65. Uçaroğlu S., Alkan U.2015. Composting of wastewater treatment sludge with different bulking agents. *Journal Of The Air & Waste Management Association* 66(3): 288-295.
66. Vargas-García M. C., Suárez-Estrella F., López M. J., Moreno J.2010. Microbial population dynamics and enzyme activities in composting processes with different starting materials. *Waste Management* 30(5):771-778.

-
67. Vikman M., Karjomaa S., Kapanen A., Wallenius K., Itävaara, M.2002. The influence of lignin content and temperature on the biodegradation of lignocellulose in composting conditions. *Applied microbiology and biotechnology* 59(4-5) :591-598.
68. 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 142.
69. Wang P., Changa C. M., Watson M. E., Dick W. A., Chen Y., Hoitink H. A. J.2004. Maturity indices for composted dairy and pig manures. *Soil Biology and Biochemistry* 36(5):767-776.
70. Wieland E., Sawicka A. 2000. Microbiological transformations in sewage sludge in the SDE system. *Przegląd Komunalny* 12(11) :53-56.
71. Wolna-Maruwka J., Dach J., Sawicka A. 2009. Effect of temperature on the number of selected microorganism groups and enzymatic activity of sewage sludge composted with different additions in cybernetic bioreactors. *Agronomy Research* 7(2): 875-890.
72. Zaim N., Souabi S., Aboulhassan A., Aboulam S., Morvan B.200. Compostage des boues produites à la station d'épuration d'une huilerie, en mélange avec des déchets de jardin. *Déchets, sciences et techniques* 48:20-25.
73. Zennaro M., Cristofori F., Formigoni D., Frignani F., Pavoni B.2005. Heavy Metal Contamination in Compost. A Possible Solution. *Annali Di Chimica* 95(34) : 247-256.
74. Znaïdi A.2002. Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes. Thèse Doctorat de, Mediterranean Agronomic Institute of Bari ,104p.

Annexe1 : Liste des articles utilisé dans les résultats et discussion
(PARTIE EXPERIMENTALE)

1. Amir S., Hafidi M., Merlina G., Revel J C.2005. Sequential extraction of heavy metals during composting of sewage sludge. *Chemosphere* 59(6):801-1.
2. Barros A., Santos J., Prasad S., Leite V., Souza A., Soledade L., dos Santos V.2006. Thermal decomposition study of sewage sludge and of organicwaste used in the sorption of metals. *Journal of thermal analysis and calorimetry* 83(2):291-295.
3. Bernal M., Navarro A., Sánchez-Monedero M., Roig A., Cegarra 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.
4. Bihaoui, B., Rihani M., Mountadar M., Malamis D., Loizidou M., Assobhei O. 2010. Valorisation des boues de traitement des eaux usées d'une unité laitière par compostage aérobie. *sciences et techniques* 58:16-21.
5. Cai, Q., Mo C., Wu Q., Zeng Q., Katsoyiannis, A. 2007. Concentration and speciation of heavy metals in six different sewage sludge-composts. *Journal Of Hazardous Materials* 147(3):1063-1072.
6. Campbell A., Zhang X., Tripepi, R.1995. Composting and Evaluating a Pulp and Paper Sludge for Use as a Soil Amendment/Mulch. *Compost Science & Utilization* 3(1):84-95.
7. Debertoldi M., Vallini G., PERA A. 1983. The biology of composting.A review. *Waste Management & Research* 1(2) :157-176.
8. El Fels L., Zamama M., El Asli A., Hafidi M.2014. Assessment of biotransformation of organic matter during co-composting of sewage sludge-

-
- lignocelulosic waste by chemical, FTIR analyses, and phytotoxicity tests. *International Biodeterioration & Biodegradation* 87:128-137.
9. Elvira C. (1996). Bioconversion of solid paper-pulp mill sludge by earthworms. *Bioresource Technology* 57(2):173-177.
 10. Gea T., Ferrer P., Alvaro G., Valero F., Artola A., Sánchez A. 2007. Co-composting of sewage sludge:fats mixtures and characteristics of the lipases involved. *Biochemical Engineering Journal* 33(3):275-283.
 11. Gomez Brandon M., Lores M., Perezdiaz D., Dominguez, J.2006. Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. *Soil Biology and Biochemistry* 38(9):2993-2996.
 12. Hua L., Chen Y., Wu W., Ma H. 2011. Microorganism communities and chemical characteristics in sludge-bamboo charcoal composting system. *Environmental Technology* 32(6):663-672.
 13. Iranzo J., Cañizares J. V., Roca-Perez L., Sainz-Pardo I., Mormeneo S., Boluda R.2004. Characteristics of rice straw and sewage sludge as composting materials in Valencia (Spain). *Bioresource Technology* 95(1):107-112.
 14. Janda K., Falkowski J.2003. Termofilny grzyb *Thermomyces lanuginosus*: występowanie i właściwości. *Post. Mikrobiol* 42(1):55-66.
 15. Kazemi K., Zhang B., Lye L. M. 2017. Assessment of Microbial Communities and Their Relationship with Enzymatic Activity during Composting. *World Journal of Engineering and Technology* 05(03):93-102.
 16. Lo M., Sonko E., hadji M., Dieng D., Ndiaye S., Diop C., Seck A., Gueye A.2020.Co-compostage de boues de vidange domestiques avec des déchets maraîchers et des déchets de poissons à Dakar (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 13(6) :2914.

-
17. Madejón E., Jesús Díaz M., López R., Cabrera F.2002. New approaches to establish optimum moisture content for compostable materials. *Bioresource Technology* 85(1):73-78.
 18. Margesin R., Cimadom J., Schinner, F.2006. Biological activity during composting of sewage sludge at low temperatures. *International Biodeterioration & Biodegradation* 57(2):88-92.
 19. Nikaeen M., Nafez A. H., Bina B., Nabavi B. F., Hassanzadeh A.2015. Respiration and enzymatic activities as indicators of stabilization of sewage sludge composting. *Waste Management*39:104-110.
 20. Niklasch H., Joergensen R. G. 2001. Decomposition of peat, biogenic municipal waste compost, and shrub/grass compost added in different rates to a silt loam. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 164(4):365-369.
 21. Peigné J., Girardin P.200. Environmental Impacts of Farm-Scale Composting Practices. *Water, Air, & Soil Pollution*153(1-4) :45-68.
 22. Pérez D., Sole-Mauri F., Rodríguez-Abalde Á., Sampedro L., Ripoll X., Mato S.2006. Degradation dynamics of several organic matter pools in food processing sludge at different composting temperatures.157-162
 23. Rashad F. M., Saleh W. D., Moselhy M. A.2010. Bioconversion of rice straw and certain agro-industrial wastes to amendments for organic farming systems: Composting, quality, stability and maturity indices. *Bioresource Technology* 101(15):5952-5960.
 24. Robledo-Mahón T., Martín M. A., Gutiérrez M. C., Toledo M., González I., Aranda E., Chica A. F., Calvo C.2019. Sewage sludge composting under semi-permeable film at full-scale : Evaluation of odour emissions and relationships between microbiological activities and physico-chemical variables. *Environmental Research*177:108624.

-
25. Ryckeboer J., Mergaert J., Coosemans J., Deprins K., Swings J.2003. Microbiological aspects of biowaste during composting in a monitored compost bin. *Journal of Applied Microbiology*94(1):127-137.
 26. Sommer S. G.2001. Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. *European Journal of Agronomy*14(2):123-133.
 27. 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.
 28. Uçaroğlu S., Alkan U.2015. Composting of wastewater treatment sludge with different bulking agents. *Journal Of The Air & Waste Management Association* 66(3):288-295.
 29. Vargas-García M. C., Suárez-Estrella F., López M. J., Moreno J.2010. Microbial population dynamics and enzyme activities in composting processes with different starting materials. *Waste Management* 30(5):771-778.
 30. Vikman M., Karjomaa S., Kapanen A., Wallenius K., Itävaara, M.2002. The influence of lignin content and temperature on the biodegradation of lignocellulose in composting conditions. *Applied microbiology and biotechnology* 59(4-5) :591-598.
 31. Wang P., Changa C. M., Watson M. E., Dick W. A., Chen Y., Hoitink H. A. J.2004. Maturity indices for composted dairy and pig manures. *Soil Biology and Biochemistry* 36(5):767-776.
 32. Wolna-Maruwka J., Dach J., Sawicka A.2009. Effect of temperature on the number of selected microorganism groups and enzymatic activityof sewage sludge composted with different additions in cybernetic bioreactors. *Agronomy Research* 7(2):875-890.

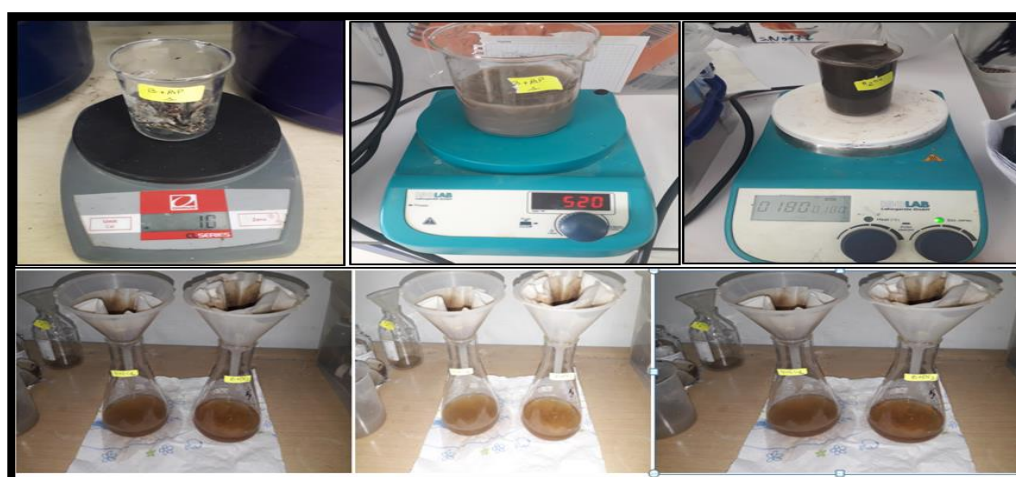
33. Zaim N., Souabi S., Aboulhassan A., Aboulam S., Morvan B.200. Compostage des boues produites à la station d'épuration d'une huilerie, en mélange avec des déchets de jardin. *Déchets, sciences et techniques* 48:20-25.
34. Zennaro M., Cristofori F., Formigoni D., Frignani F., Pavoni B.2005. Heavy Metal Contamination in Compost. A Possible Solution. *Annali Di Chimica* 95(34): 247-256.

Annexe 2:**Tableau.** Les composant des essais utilisé a les résultats et discussion

Les types de déchets	Les composants	référence
T1a	2 Volume Boues + 1Volume déchets maraîchers	(Lo et <i>al.</i> , 2020)
T2a	1 volume boues + 1 volume déchets maraîchers	
T3a	1 volume boues + 2 volumes déchets maraîchers	
b+ws	60%Boues+40% paille de blé (WS)	Uçaroğlu & Alkan, 2015
b+cc	60%Boues+40% épi de maïs (CC)	
R1 (B+pal)	1/3 BOUES+2/3 palm tree waste	(El Fels et <i>al.</i> , 2014)
R2 (B+PAL)	1/2 sludgep1/2 palm tree waste	
Asp1(b+Pw)	BOUES +les déchets d'élagage	(Nikaeen et <i>al.</i> , 2015)
Rw1 (b+Pw)	BOUES +les déchets d'élagage	
CAC	les boues + paille du riz +Des copeaux de bois + 10% aéré en continu(CAC) pendentif 4 h/ jour.	(Cai et al., (2007)
IAC	les boues + paille du riz + copeaux de bois agent de charge + aéré par intermittence IAC15min /4h	
MRC	les boues + paille du riz +Des copeaux de bois+rotation manuelle .	

P+PS	65 %boues, 20 % résudés+15 % (panse contenu de l'estomac des bovins et des tissus)+cendre de bois	(Bihaoui et <i>al.</i> , 2010)
Bh+Dj	40 % de boues et 60 % de déchets de jardin	Campbell et <i>al.</i> , 1995)
L30	70%BOUES+30% +copeaux de bois	(Zaim et <i>al.</i> , 2007)
PCO	PCO: 34.6% poultry manure +65.4% cotton waste + 1.93 l/kg fresh olive-m ill wastewater.	Gea et <i>al.</i> ,2006
NW	Les boues de papiers	(Bernal et <i>al.</i> , 1998)
K1	50% de boues d'épuration + 45% de sciure +5% de paille	(Elvira et <i>al.</i> , 1995)
PA	40% de boues STEP+ 60% de rognures d'arbustes	(Margesin et <i>al.</i> , 2006)
PB	40% de boues STEP+ 60% de rognures d'arbustes	
BC	Boues +cotton	(Bernal et <i>al.</i> ,1997)
M	Boues+ écorce de peuplier	Pérez et <i>al.</i> , 2006

Annexe 3.préparation de la suspension de chaque échantillon



Annexe 4.préparation de la suspension de chaque échantillon



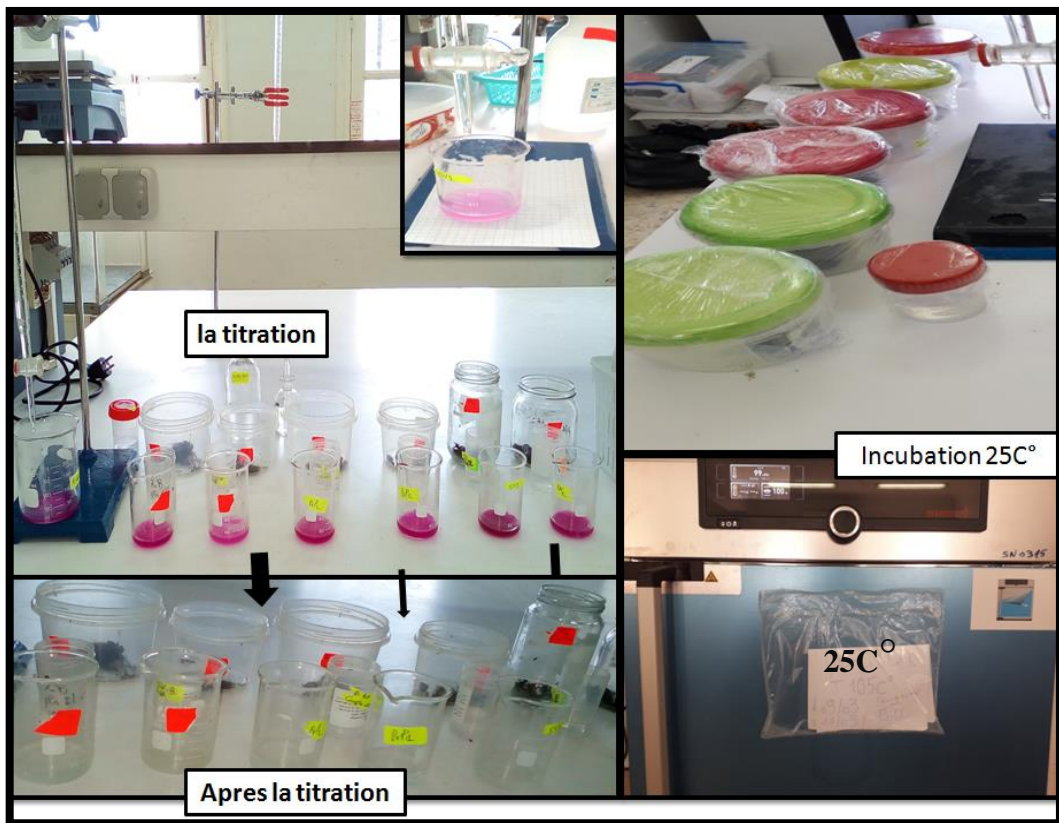
Annexe 5: L'Humidité relative



Annexe 6:Matière organique



Annexe 7: La respiration basale et SIR



ملخص

تشكل النفايات عامة و الناتجة عن محطات تصفية المياه خاصة من اكبر الأخطار على الإنسان و البيئة.

في إطار دراستنا اعتمدنا على التسميد المشترك لحمأة الماء الجافة ومخلفات النخيل و بقايا النبات والورق وقمنا بمتابعة الخصائص الفيزيائية و الكيميائية الأولية ولكن تعذر إكمالها بسبب الحجر الصحي ، ووفقا للنتائج المتحصل عليها من عديد الباحثين اثبت أن السماد المتحصل عليه من الحمأة نو نوعية جيدة ويحمل معايير النظافة العالمية .غني بالمواد العضوية، الازوت والفسفور ومختلف المعادن لتعويض احتياج التربة الفقيرة و لنمو جيد للنبات. وبالتالي يمكن أن يكون التسميد المشترك طريقة جيدة وفعالة لمعالجة النفايات وإدارتها بأقل تكلفة.

الكلمات المفتاحية: حمأة الماء جافة، التسميد المشترك، مخلفات النخيل ، بقايا النبات، الورق، السماد

Résumé

Les déchets, en particulier les boues des STEP, présentent un risque majeur pour la santé et l'environnement.

Dans notre étude, nous avons Co-composter les boues avec les déchets des palmiers, déchets verts, le papier, n'avons pas réussi à terminer le suivi des caractères physico-chimique a cause de confinement sanitaire. Les résultats des nombreux chercheurs dans le monde, prouvé que les composte obtenus à partir la boue mélangés à d'autres substrats un bon compost respectant les normes d'hygiène mondiales. Il est riche en matière organique et en azote, en phosphore, et en minéraux qui compenser les besoins du sol et assure la bonne croissance des plantes.

Le Co compostage une méthode efficace de traitement et de gestion des déchets au moindre coût.

Mots clés: Boue – Co compostage - déchets de palmiers – déchets verts - papiers - composte

Abstract

Waste, in particular sewage sludge, presents a major risk to health and the environment.

In our study, we used sewage sludge and palm waste, green waste, paper, we failed to complete the monitoring of physicochemical characteristics due to sanitary confinement. The results of many researchers in the world proved that the compost obtained from the sewage sludge mixed with other substrates a high quality compost meeting global hygiene standards. It is rich in organic matter and in nitrogen, phosphorus, minerals which compensate the needs of the soil and ensure the good growth of plants.

Co-composting is an efficient method of treating and managing waste at the lowest cost.

Key words: Sewage sludge, Co composting, palm waste, green waste, paper, compost.