

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département d'Ecologie et Environnement**



Mémoire de fin d'études

**Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master
Filière : Ecologie et environnement
Option : Protection des écosystèmes**

Thème

**Evaluation des paramètres physico-chimiques
d'un compost à base du grignon d'olive et la
sciure du bois.**

Présenté par :

HADDADI Nouara

LACENE Fatma méliSSa

Devant le jury composé de :

M^r OUDJIANE A.	Maître assistant (A)	UMMTO	Président
M^{me} METNA F.	Maître de conférences (A)	UMMTO	Promotrice
M^r SLIMANI R.	Doctorant	UMMTO	Co-promoteur
M^{me} CHIBANE G.	Maître assistant (A)	UMMTO	Examinatrice
M^{me} KANANE M.	Doctorante	UMMTO	Examinatrice

Septembre 2022

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier DIEU le tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la volonté afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

*Nous tenons particulièrement à remercier notre promotrice **M^{me} METNA Fatiha MCA** à **l'UMMTO**, et notre Co-promoteur **M^r SLIMANI Rachid** doctorant en **Biologie** à **l'UMMTO**, pour avoir accepté de nous encadrer, pour la confiance qu'ils nous ont fait, pour les conseils qu'ils nous ont accordé tout au long de la réalisation de ce modeste travail. Qu'ils trouvent ici nos sentiments de gratitude et l'expression de notre vive reconnaissance.*

*Nous remercions **M^r OUDJIANE Ahmed MAA** à **l'UMMTO**, d'avoir accepté de nous honorer en tant que président de jury.*

*Nous sommes reconnaissantes à **M^{me} CHIBANE Gouraya MAA** à **l'UMMTO** et **M^{me} KANANE Melissa** doctorante en **Biologie** à **l'UMMTO**, d'avoir accepté de siéger dans ce jury et d'avoir consacré une partie de leur temps à examiner ce travail.*

*Nos sincères remerciements vont à **M^r CHERFOUH** pour son aide et ses précieux conseils.*

*Ainsi qu'à tout le personnel de l'INRF d'Alger, plus particulièrement aux membres du laboratoire de pédologie : **M^{me} DILMI**, et **M^r CHERBAL** ingénieur de laboratoire, pour leur accueil, leur disponibilité et leur soutien tout au long de notre période d'expérimentation.*

*Nos remerciements vont à **M^{me} SLIMANI** et **M^r LAAGUABI** à toute l'équipe du laboratoire d'agronomie à l'institut national agronomique INA.*

A tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, qu'ils retrouvent à travers ce mémoire le fruit de leurs longues années de travail.

Nos sentiments de reconnaissances et nos remerciements vont également à l'encontre de toute personne qui a participé de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*« La mémoire de mes grands-parents 'Jeddi mouhamed' et 'Vava hmimi' »
Que dieu les accueille dans son vaste paradis.*

*Mes très chers parents, à qui je dois ma vie, ma réussite et tout mon respect. Ce travail constitue une légère compensation pour tous leurs Nobles sacrifices afin d'assurer mon bien être et mon éducation, leur amour et soutien a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.
Que Dieu les protège.*

À mon cher frère Amara et à la meilleure des sœurs Zahia, qui font de mon univers une merveille, je leurs souhaite beaucoup de bonheur et de réussite.

A Mes grand-mères, que dieu les garde et leurs accorde santé et bonheur.

Mon oncle Ali et ma douce Nana, ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotions, ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

À ma chère Massissilya qui n'a pas cessé de me conseiller, m'encourager et soutenir tout au long de mes études.

À mon âme sœur et ma meilleure amie Kahina, mes chères cousine Sélina et Thanina qui, depuis des années, m'encouragent, me comprennent et ont été toujours à mes côtés, que dieu leurs donne du bonheur, santé et réussite.

A mes très chères amies Kenza et Zaina

A mon cher oncle moussa et son adorable femme Fatiha, pour leur Hospitalité et leur aide précieuse

*A mes adorables oncles, tantes, cousins et cousines ainsi qu'à toute la famille
HADDADI et la famille NAIT SILMANI*

A ma binôme Mélissa et toute sa famille

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,
Merci d'être toujours là pour moi...*

Nouara

Dédicaces

Au nom d'ALLAH clément et miséricordieux, je dédie ce modeste travail

A La mémoire de ma grand-mère « REDDAD Sadia » que dieu l'accueille dans son vaste paradis.

A ma source de tendresse, l'être la plus chère au monde, la femme la plus patiente qui n'a jamais cessé de ménager ses efforts pour que j'atteigne ce niveau, Ni sacrifices ni privations ne l'on empêché d'accomplir son devoir de mère soucieuse de l'avenir de ses enfants mon idole ma très chère mère « KARIMA ».

A celui qui m'a attendu avec patience pour les fruits de sa bonne éducation et qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté fait toujours les grandes femmes dans la vie à mon très cher père « SAID » à qui je dois ce que je suis aujourd'hui que dieux le protégé et l'entoure de sa bénédiction.

A mon marie « MOHAMED » que j'aime très fort qui m'a toujours encouragé pour atteindre mon but, je ne le remercierai jamais assez pour sa présence à mes cotés tout au long de ce travail.

A celle qui ne m'a jamais privé de soutien et qui m'a donné une motivation sans prix. A ma chère sœur « LAETITIA » à qui je souhaite beaucoup de bonheur et réussite.

A mes bien-aimés oncles et tantes, ainsi qu'à toute la famille LACENNE et REBAINE

A ma binôme Nouara et sa famille

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,
Merci d'être toujours là pour moi...*

Mélissa

Résumé

Les déchets ménagers et assimilés, de par leur composition, constituent certes, un problème environnemental majeur : pollution du sol, des eaux, pollution atmosphérique et visuelle. Une gestion efficace peut toutefois, constituer une véritable opportunité économique et environnementale.

Les exigences de qualité des composts nécessitent actuellement un nombre important de caractérisation physico-chimique, nos objectifs ont donc été d'étudier les processus du compostage et de mettre au point une méthode simple et efficace de suivi de l'évolution chimique de compost.

A partir de ce travail, Nous avons effectué un suivi du processus de compostage, pendant une durée de trois mois allant de Mars à Juin, constitués d'un mélange de déchets organique et deux apports de carbone (grignon d'olive et la sciure du bois). Le compost a été caractérisé par des paramètres physico-chimique : l'évolution de la température, l'évolution de PH, test d'humidité, conductivité électrique, l'analyse d'azote, rapport C/N, le phosphore, le potassium, le calcaire et l'analyse de carbone et la matière organique.

En fin pour fournir un produit utile de compost pour le sol et minimiser ou supprimer tout risque de contamination probable il faut gérer d'une part la phase de décomposition ou de stabilisation des composantes organiques, et s'assurer d'une bonne maturation du produit d'autre part.

Mots clés : Déchets organique, grignon d'olive, sciure du bois, déchets ménagers et assimilés, compostage, compost.

Abstract

Household and similar waste, due to its composition, is certainly a major environmental problem: soil and water pollution, air and visual pollution. An efficient management can however, constitute a real economic and environmental opportunity.

The quality requirements of composts currently require a significant number of physico-chemical characterization, our objectives were thus to study the processes of composting and to develop a simple and effective method of monitoring the chemical evolution of compost.

From this work, we have carried out a monitoring of the composting process, during a period of three months from March to June, consisting of a mixture of organic waste and two contributions of carbon (olive pomace and sawdust). The compost was characterized by physico-chemical parameters: temperature evolution, PH evolution, moisture test, electrical conductivity, nitrogen analysis, C/N ratio, phosphorus, potassium, limestone and carbon analysis and organic matter.

Finally, to provide a useful compost product for the soil and to minimize or eliminate any risk of probable contamination, it is necessary to manage the decomposition or stabilization phase of the organic components on the one hand, and to ensure a good maturation of the product on the other hand.

Keywords: household and similar waste, organic waste, composting, olive pomace, sawdust from wood

Liste des abréviations

AFNOR : Association française de normalisation

AND : Agence national des déchets

C/N : Rapport carbone / azote

CaCo3 : Calcaire

CE : Conductivité électrique

CET : Centre d'enfouissement technique

CO₂ : Gaz carbonique

DMA : Déchets ménagers et assimilés

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

GE : Grignon coté extérieur

GI : Grignon coté intérieur

GM : Grignon milieu

GO : Grignon d'olive + déchets organique

K : Potassium

kcal/kg : Kilocalorie par kilogramme

N : Azote

MO : Matière organique

O₂ : Oxygène

P : Phospore

PCI : Pouvoir calorifique inférieur

Ph : PetentielHydrogène

SB : Sciure du bois + déchets organique

SE : Sciure cité extérieur

SI : Sciure coté intérieur

SM : Sciure milieu

T amb : Température ambiante

UMMTO : L'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Liste des figures

Figure 01: Classification des déchets selon la loi 01-19	3
Figure 02: Vue aérienne du pôle universitaire Hasnaoua II de l'Université Mouloud Mammeri (Google earth, 2022).....	20
Figure 03: Situation géographique de la zone d'étude (Google Maps, 2022)	21
Figure 04 : Incinération local du carton.....	22
Figure 05 : Composteur de 1 m ³	23
Figure 06 : Bio-déchets récupérés du restaurant de la résidence universitaire.	23
Figure 07 : Grignon d'olive	24
Figure 08 : La sciure de bois.....	25
Figure 09: Mise en tas des bio-déchets.....	25
Figure 10 : Mélange des fractions sèche et humide.	26
Figure 11: Arrosage avec l'eau	26
Figure 12 : Quadra.....	27
Figure 33 : Prélèvement d'un échantillon.....	27
Figure 44 : Extraction de la macrofaune.....	28
Figure 15 : Appareil de Berlese (modifié)	29
Figure 16 : Insectes vue sous la loupe binoculaire.	29
Figure 17 : Broyeur (photo originale, 2022).....	30
Figure 18 : Tamisage des composts.	30
Figure 19 : Mesure de température	31
Figure 20 : la filtration des solutions.....	32
Figure 21 : Détermination du pH à l'aide d'un pH-mètre au niveau du laboratoire de pédologie de l'IRNF (photo originale, 2022)	32
Figure 22 : Mesure de la conductivité électrique au niveau du laboratoire de l'INRF	

(photo originale, 2022)	33
Figure 23 :Test de la poignée.....	33
Figure 24 :Echantillons séchés à l'étuve	34
Figure 25 : Four à moufle	35
Figure 26 :matras de Kjeldahl.....	36
Figure 27 :appareil de Buchi.....	36
Figure 28 :Dosage du calcaire total à l'aide d'un calcimètre au laboratoire de pédologie à L'INRF (photo originale, 2022).....	37
Figure 29 : La détermination du phosphore assimilable à l'aide d'une spectrophotométrie au laboratoire INA (photo originale, 2022).....	38
Figure 30 : Composts SB et GO au début du processus de compostage.....	39
Figure 31 : Composts SB et GO à la fin du processus de compostage.....	39
Figure 32 : Evolution de la température des tas au cours de compostage	41
Figure 33 :Evolution du pH de grignon d'olive au cours de compostage.	43
Figure 34 :Evolution du pH de la sciure de bois au cours de compostage.	44
Figure 35 :Variation de la conductivité électrique dans le compost GO.....	45
Figure 36 : Variation de la conductivité électrique dans le compost SB.....	45
Figure 37 :Evolution de taux de MO de GO.....	46
Figure 38 : Evolution de taux de MO de SB.....	47
Figure 39 : Variation des taux d'azote dans GO	48
Figure 40 : Variation des taux d'azote dans SB	49
Figure 41 :la variation des teneurs en phosphore dans les tas GO et SB.	50
Figure 42 :contraste des couleurs dans les tubes à essai.....	51
Figure 43 :variation de la teneur en potassium dans GO et SB.	52
Figure 44 :variations du rapport Carbone/Azote dans GO	53

Figure 45 : variations du rapport Carbone/Azote dans SB	54
Figure 46 :Variation des taux de calcaire total dans GO	55
Figure 47 : Variation des taux de calcaire total dans SB	55

Liste des tableaux

Tableau 01. Matériaux susceptibles d'être compostés. 13

Tableau 02. Différents groupes faunistiques identifiés lors du compostage 57



Sommaire

Table des matières

Résumé

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale1

Chapitre I :Généralités sur les déchets et le compostage

I.1. Définition des déchets3

I.2. Classification des déchets en Algérie3

 I.2.1. Déchets ménagers et assimilés3

 I.2.2. Déchets inertes3

 I.2.3. Déchets spéciaux y compris les déchets spéciaux dangereux4

I.3. Caractérisation des DMA4

 I.3.1. Caractérisation quantitative.....4

 I.3.2. Caractérisation typologique4

 I.3.3. Caractérisation physico-chimiques.....5

I.4. Typologie des DMA6

I.5. Gestion des déchets6

 I.5.1. Principe de 3RV-E.....7

 I.5.2. Collecte8

 I.5.3. Transport9

 I.5.4. Traitement10

II.1. Définition du compostage.....11

II.2. Avantages et inconvénients11

 II.2.1. Avantages du compostage11

II.2.2. Inconvénients du compostage	12
II.3. Déchets compostables	13
II.4. Paramètre du compostage.....	14
II.4.1. Paramètres biologiques.....	14
II.4.2. Paramètres physico-chimiques.....	14
II.5. Compost.....	17
II.5.1 Définition.....	17
II.5.2 Critères de maturité	18
II.5.3. Intérêt de compostage.....	18

Chapitre II :Matériel et méthodes

I. Présentation du site d'étude.....	20
I.1. Présentation de la R.U. Hasnaoua 2	20
I.2. Localisation et situation géographique	20
I.3. Structure de la résidence	21
I.4. Schéma de gestion des déchets	21
II. Méthodologie du travail	22
II.1. Choix du site du compostage.....	22
II.2. Essai du compostage	22
II.2.1. Préparation de la plateforme	22
II.2.2. Récupération des déchets	23
II.2.3. Mise en tas des bio-déchets	25
II.3. Protocole expérimental.....	26
II.4. Etude de la faune du compost	27
II.4.1 Méthode d'échantillonnage.....	27
II.4.1.1.Echantillonnage de la mésofaune du compost	27

II.4.1.2. Méthode d'extractions de la faune du compost.....	28
II.4.1.3. Identification de la macrofaune	29
II.5. Méthodes de caractérisation	30
II.5.1 Préparation des échantillons	30
II.5.2 Analyse physico-chimiques du compost	31
II.5.2.1.Mesure de la température.....	31
II.5.2.2.Mesure du pH.....	31
II.5.2.3. Conductivité électrique	32
II.5.2.4.Vérification de l'humidité.....	33
II.5.2.5. Mesure de la teneur en matière organique	34
II.5.2.6. Carbone organique.....	34
II.5.2.7. Dosage de l'azote total.....	35
II.5.2.8. Rapport C/N	36
II.5.2.9 Dosage de calcaire total	37
II.5.2.10.Phosphore assimilable.....	37
II.5.2.11.Potassium total	38

Chapitre III :Résultats et discussions

I.1.Compost	39
I.1.Produit du compostage	39
I.2. Evolution des paramètres physico-chimique	40
I.2.1. Evolution de la température des composts en fonction du temps	41
I.2.2. Evolution du pH	43
I.2.3. Conductivité électrique	44
I.2.4. Evolution de la teneur en MO et du carbone total des composts en fonction du temps.....	46

I.2.5. Les teneurs en éléments minéraux	48
I.2.5.1. Evolution de la teneur en azote total.....	48
I.2.5.2. Phosphore	50
I.2.5.3. Le potassium.....	52
I.2.6. Evolution du rapport Carbone/azote(C/N).....	53
I.2.7. Calcaire total	54
I.2.8. Résultats de l'identification de l'entomofaune du compost	56
I.2.9. Classification des composts et leurs comparaisons aux normes internationales.....	57
Conclusion générale	58
Références bibliographiques	60
Annexes	



Introduction

Introduction générale

La majorité des pays en développement est confrontés à de graves défis environnementaux, sociaux et économiques lorsqu'il s'agit de gérer différents types de déchets solides (Haniyeh et al, 2020). Leur gestion constitue pour les communautés urbaines un des plus importants défis.

L'Algérie, étant l'un de ces pays, est aussi confronté à de sérieuses difficultés dans la gestion de ses déchets. Pour assurer une bonne gestion, le pays a entrepris de nombreuses mesures réglementaires, institutionnelles et opérationnelles et a même créé l'Agence nationale des déchets (AND) qui a réalisé des avancés dans la gestion des déchets. Malheureusement, celles-ci demeurent insuffisantes par rapport à la situation qui prévaut dans ce domaine. Le taux de déchets ménagers et assimilés (DMA) produit en Algérie, ne cesse d'augmenter et a atteint, en 2020, environ 13.5 millions de tonnes. Cette augmentation est fortement liée à la croissance démographique et au développement urbain.

La recherche de nouvelles techniques d'élimination et de recyclage des déchets est donc indispensable. De nos jours, l'une de ces pratiques biologiques les plus répandues pour le traitement de la fraction organique des déchets est le compostage. Ce dernier est un procédé de traitement intensif des déchets organiques qui met en œuvre, en les optimisant, des processus biologiques aérobie de dégradation et de stabilisation des matières organiques complexes (Gobat et al., 1998 ; Castaldi et al., 2007). C'est aussi une technique très avantageuse par son faible coût et son impact mesuré sur l'environnement.

L'action bénéfique du compost sur la productivité des plantes a été largement démontrée (Lee et al., 2004). Cet effet est dû, d'une part, à l'amélioration des qualités physiques (structure, porosité) et chimiques, notamment : la teneur en azote, en carbone et en oligoéléments des sols (Esse et al., 2001 ; Castaldi et al., 2004) ; d'autre part, à la présence d'une microflore abondante et diversifiée dans ces composts (Gomez et al., 2006). Le compost permet donc de combler le déficit des sols surexploités et d'en améliorer la fertilité à long terme.

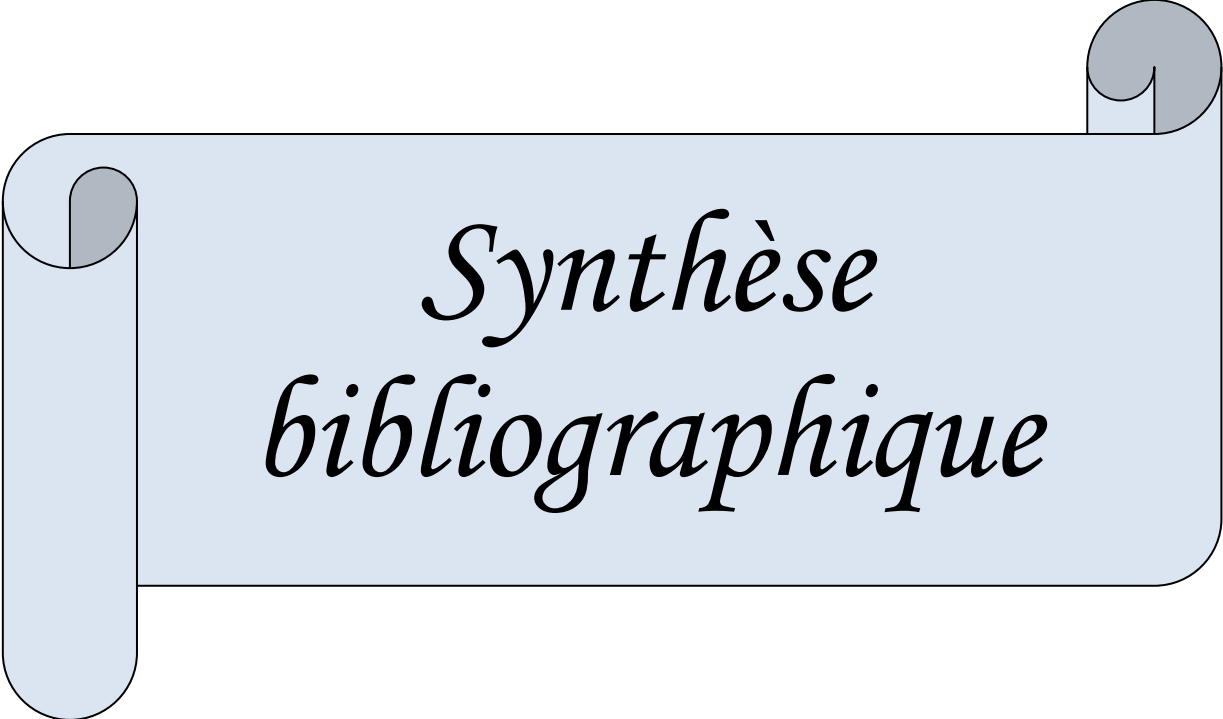
Cette présente étude s'inscrit dans le domaine de la protection de l'environnement, dans le cadre d'un projet de recherche sur la gestion des déchets dans la région de la Kabylie et faisant suite à d'autres travaux déjà réalisés dans ce domaine dans la ville de Tizi-Ouzou, notamment les travaux de Guettaf (2019) au niveau de la résidence universitaire de Oued Aissi, Ouali & Mahiout (2019) au niveau de la cité universitaire Hassenoua II, Hargas &

Ouali (2018) au niveau de la commune de Bouzeguène, Slimani & Chemim (2018) au niveau de la résidence universitaire Ex-Habitat, Chellah & Dehissi (2018) au niveau de la commune Bouzeguène.

Cette étude consiste donc à tester le mode de compostage en tas, suivre les processus de compostage et aussi d'évaluer les paramètres physico-chimiques des composts de déchets ménagers en utilisant deux apports différents de carbone (sciure du bois et grignon d'olive).

Ce mémoire comprend trois chapitres principaux :

- Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique, qui traite dans des généralités sur les déchets organiques et dans sa deuxième partie sur le processus du compostage ;
- Le deuxième chapitre est structuré en deux parties également dont la première présente le site d'étude et la deuxième porte sur la méthodologie de travail mis en œuvre pour cette étude;
- Le troisième chapitre est consacré aux résultats obtenus et à leur interprétation ; Enfin, une conclusion générale clôture cette étude avec la proposition de quelques perspectives.



*Synthèse
bibliographique*

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les déchets

I.1. Définition des déchets

Un déchet peut être défini de différentes manières selon le domaine et l'intérêt d'étude et parfois l'origine et l'état des déchets. La loi N° 01-19 du 12/12/ 2001 article 3 du journal officiel de la république algérienne N° 77 en 2001, définit le déchet comme : « Tout résidu d'un processus de production, de Transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance ou produit et tout bien Meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'Obligation de se défaire ou de l'éliminer.».

I.2. Classification des déchets en Algérie

La loi 01-19 du 12 décembre 2001 dans son article 5 classe les déchets solides en 3 catégories (figure 1):

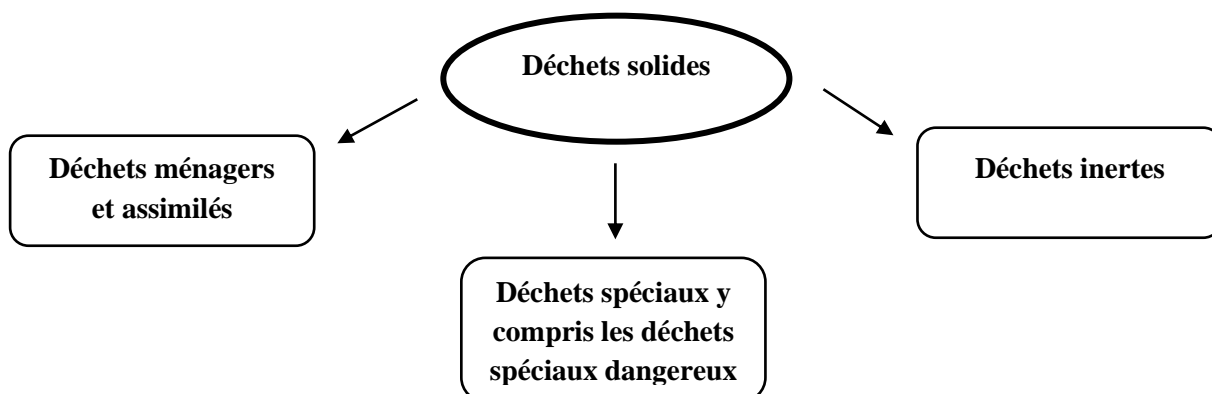


Figure 01 : Classification des déchets selon la loi 01-19

I.2.1. Déchets ménagers et assimilés

Les déchets ménagers et assimilés (DMA) sont tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales, et autres qui, par leur nature et leur composition sont assimilables aux déchets ménagers.

I.2.2. Déchets inertes

Les déchets inertes sont tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge,

et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et /ou à l'environnement.

I.2.3. Déchets spéciaux y compris les déchets spéciaux dangereux

Tous 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, sont dit « déchets spéciaux ».

Les déchets spéciaux dangereux représentent tous déchets spéciaux qui par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent, sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement.

I.3. Caractérisation des DMA

I.3.1. Caractérisation quantitative

Dans les pays en développement, les quantités des déchets sont invariablement plus faibles (quelques centaines de grammes par habitant et par an) que dans les pays industrialisés. Cette faible production des déchets est due :

- d'une part, au niveau de vie moins élevé qui se traduit par une moins grande consommation et donc par un plus faible développement du conditionnement et des emballages,
- et d'autre part, à la récupération à laquelle se livrent les plus pauvres.

Cependant, on assiste dans certaines villes à des productions de déchets très importantes qui peuvent égaliser et même dépasser celles générées dans les Pays Industrialisés.

I.3.2. Caractérisation typologique

Les déchets ménagers ce sont les déchets produits par l'activité quotidienne des ménages :

- les ordures ménagères collectées à domicile, les encombrants collectés en déchèteries (gros électroménager, mobilier, matelas, bicyclettes...);
- les déchets de l'assainissement individuel (matières de vidange par exemple);
- les déchets d'entretien des jardins collectés en déchèteries (tontes de pelouse, résidus d'élagage, tailles de haies...);
- les déchets ménagers spéciaux collectés en déchèteries (résidus de peinture et solvant, piles, produits de nettoyage...), ou dangereux et commerciaux ne satisfaisant pas aux critères ci-dessus; les déchets hospitaliers et autres objets susceptibles de véhiculer des pollutions bactériologiques ou médicamenteuses; tous les déchets qui, en raison de leur

encombrement, de leur poids ou de leur nature, ne pourraient être chargés dans les véhicules de collecte (Merabet et Meliani, 2018).

I.3.3. Caractérisation physico-chimiques

➤ Humidité

Le taux d'humidité, la teneur en eau (Hu) ou la teneur en eau pondérale (Hu) d'un échantillon de déchets donné représente le rapport entre la masse d'eau présente dans un échantillon et la masse sèche de cet échantillon. Pour des ordures fraîches et stockées à l'abri des intempéries, l'humidité varie entre (% en masse) : (35–40) % : Europe, avec un maximum en été et un minimum en hiver ; (60–62) % : pour une grande ville Algérienne ; (65–70) % et plus : pour les pays tropicaux (Bennama, 2016).

➤ Densité

Elle représente la masse du déchet solide par rapport au volume qu'il occupe. Elle est aussi appelée densité en poubelle. Cette caractéristique détermine d'une part, le type et le volume du matériel de pré-collecte, de collecte et de stockage et, d'une autre part, le type de traitement à préconiser (Belouafi, 2019).

Dans les pays en voie de développement (PED), la densité varie généralement entre 0,3 et 0,5. Elle est fortement supérieure à celle des déchets des pays industrialisés (et qui est de l'ordre de 0,1) (Ben Ammar, 2006).

➤ Pouvoir calorifique inférieur

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) (exprimé en kcal/kg en masse sèche) des déchets solides est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de l'unité de masse du combustible (Bennama, 2016). Le PCI est un paramètre important pour définir l'habilitation des déchets au traitement par incinération. Sa valeur diminue avec l'augmentation de la teneur en eau dans les déchets. Sans apport extérieur d'énergie, les déchets peuvent être incinérés lorsqu'ils ont un PCI supérieur à 1200 kcal/kg (Ngnikam, 2002).

➤ Rapport carbone/azote (C/N)

Pour calculer le rapport carbone/azote (C/N), il est nécessaire de connaître les teneurs en azote et en carbone. Ce paramètre permet d'apprécier l'aptitude des ordures au compostage. Pour le cas de l'Algérie, le rapport C/N des ordures ménagères dépasse rarement 15 (Bennama, 2016). Ce rapport permet de déterminer la qualité de compost. On peut dire d'un compost qu'il est de bonne qualité quand les déchets de départ ont un rapport C/N qui varie entre 20 et 35, ce

qui donne un compost avec un rapport C/N compris entre 15 et 18 après compostage (Belouafi, 2019).

I.4. Typologie des DMA

La grande majorité des services chargés de la gestion des déchets des différents pays définissent les ordures ménagères comme un ensemble de résidus hétérogènes dans lesquelles on trouve :

- Les détritiques de toute nature générés par les ménages (déchets de nourriture, dépréparation de repas, balayures, textile, journaux Etc.)
- Les déchets de bureaux, commerces, industries et administrations, déchets des cours et jardins dans la mesure où ces déchets peuvent prendre place dans une limite à fixer, dans les récipients individuels ou collectifs aux fins d'enlèvement par les services municipaux.
- Les crottins, feuilles mortes, bois résidu du nettoyage et du balayage de la voirie, jardins, cimetières, parcs, etc., rassemblés aux fins d'évacuation.
- Les détritiques de foires, Souks et marchés, etc.
- Les résidus des collectivités (cantines, écoles, casernes, hospices, prisons ...), ainsi que les résidus des hôpitaux ayant un caractère ménager que l'on rassemble dans des récipients appropriés.
- Tout objet abandonné sur la voie publique, ainsi que les cadavres des petits animaux.

Selon l'Agence Nationale des Déchets (A.N.D) (2014), l'Algérie produit annuellement 10,3 MT/an de déchets ménagers et assimilés. Cependant, la connaissance de la composition des déchets est essentielle afin d'apprécier les possibilités de valorisation comme le compostage, la récupération de métaux ou d'autres matériaux recyclables tels que le papier/carton, le verre, le plastique...

I.5. Gestion des déchets

Dans une société de consommation et de gaspillage, la prise en charge de la gestion des déchets est indispensable (santé, publique, respect de l'environnement, hygiène, écotoxicologie...).

La réglementation algérienne (loi 01-19) définit la gestion des déchets comme «Toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations».

I.5.1. Principe de 3RV-E

Dans le domaine de la gestion des matières résiduelles, le développement durable implique de cesser le gaspillage des ressources, d'arrêter la destruction et la pollution du milieu naturel par nos déchets. Pour adopter une stratégie de gestion durable des ressources de la terre, le concept des 3RV-E veut dire réduction, réemploi, recyclage, valorisation et élimination des déchets. Le respect du principe des 3RV-E est la voie à privilégier pour minimiser les impacts environnementaux liés à la gestion des matières résiduelles (Bennama, 2016).

➤ **Réduction**

Cette phase est d'encourager l'utilisation dans les activités de conception et de fabrication de moins des matériaux et des substances moins dangereuses, tout en maintenant l'utilisation de produits permanents, sûre à utilisation pendant une période plus longue. La réduction à la source est une technique de prévention (Belaïb, 2012).

L'objectif de la réduction est double. D'une part, il s'agit de réduire la consommation des produits afin d'assurer une gestion durable des ressources naturelles, d'autre part, elle vise à minimiser les impacts qui résultent de la gestion des déchets sur l'environnement.

➤ **Réutilisation (réemploi)**

L'objectif essentiel du réemploi consiste à prolonger la vie d'un produit de façon en faisant en sorte qu'il puisse à nouveau servir pour un usage identique. Cette étape est profitable autant sur le plan écologique puisqu'on évite de consommer de nouvelles ressources, que sur le plan économique puisque la réutilisation est souvent moins dispendieuse que d'acheter du neuf. L'objectif essentiel du réemploi des déchets consiste à maintenir, le plus longtemps possible, les matières dans le circuit économique et réduire ainsi la consommation des matières premières et l'accumulation des déchets.

➤ **Recyclage**

Ce mode de traitement concerne surtout le verre, le papier-carton, les emballages et les métaux : ces déchets font l'objet d'une collecte séparative déjà bien établie depuis longtemps et suivie d'un traitement spécifique de valorisation sous forme de recyclage ; il s'agit d'une récupération de matière, sans véritable transformation (Balet, 2005).

➤ **Valorisation**

La valorisation est la transformation chimique des matières résiduelles. Elle concerne les déchets organiques (pour les déchets ménagers, il s'agit de déchets de cuisine, déchets verts).

Son objectif est de produire un amendement organique utile pour entretenir la qualité des sols et lutter contre l'appauvrissement de certains sols fortement dégradés. A l'issue de la collecte sélective, la valorisation organique se réalise par compostage ou méthanisation.

Le compostage est un processus biologique qui permet, en présence d'oxygène, de décomposer la matière organique par l'action de micro-organismes. Le produit résultant est le compost : une substance qui sert d'apport nutritif aux plantes. La méthanisation, basée sur la fermentation des déchets en digesteur et en absence d'oxygène (milieu anaérobie), est un procédé émergent qui nécessite un gisement minimum et une bonne maîtrise technique. Le biogaz, produit par la méthanisation, doit être valorisé énergétiquement. Les produits sortant du digesteur, les digestats, subissent ensuite un compostage (Bennama, 2016).

➤ **Élimination**

Seuls les résidus pour qui, il n'existe aucune possibilité de mise en valeur (réduction à la source, recyclage...) devraient être éliminés. Les pratiques usuelles de gestion par élimination restent les Centres d'Enfouissement Techniques (CET), les décharges et l'incinération tout en garantissant la sécurité pour les personnes comme pour l'environnement.

I.5.2. Collecte

De lieu de production des différents déchets, le souci a toujours été « comment s'en débarrasser ? ». La collecte des déchets s'organise avec des moyens spécifiques en fonction de la typologie et de la quantité des déchets, et aussi du lieu concerné.

Il existe plusieurs sortes de collecte :

➤ **Collecte en porte à porte**

C'est la collecte traditionnelle utilisant des sacs en plastique ou tout autre récipient (poubelle en forme lessiveuse, cartons, petits containers, ...etc.) contenant des ordures non triées, déposées devant les maisons et ramassées à jours fixes.

➤ **Collecte sélective ou séparative**

Les déchets sont répartis en fonction de leurs caractéristiques pour être stockés dans des conteneurs spécifiques (verre, papier-carton, bio-déchets, plastiques... etc.) afin d'éviter toute contamination par d'autres déchets, produit ou matériaux potentiellement polluants, en vue d'une valorisation ou d'un traitement spécifique après transport préalable. Ces termes désignent aussi l'ensemble des opérations d'enlèvement des déchets disposés dans ces conteneurs

spécifiques jusqu'à leur acheminement vers un centre de tri, de traitement ou de stockage (Damien, 2009).

➤ **Collecte par conteneur**

Elle s'effectue, soit auprès des habitations familiales, utilisant des sacs ou conteneurs de petites tailles, soit dans de conteneurs routier de grandes capacités, allant de 360 à 1700 litres, ou encore des conteneurs auprès des grands usagers avec bacs de capacités qui peuvent aller de 240 à 360 litres (Balet, 2005).

➤ **Collecte par points de regroupements**

La collecte par points de regroupement implique pour les usagers l'obligation de ramener eux-mêmes leurs déchets aux lieux de réception (Desachy, 2001). Ces derniers sont situés à un endroit de convergence où les déchets sont enlevés périodiquement par les services concernés.

➤ **Collecte multi matériaux**

C'est la collecte dans la même benne d'au moins deux déchets qui ne se polluent pas l'un et l'autre, permettant un tri performant par la suite. Cette collecte est principalement utilisée pour les déchets industriels non dangereux (Damien, 2009).

I.5.3. Transport

Le transport permet d'acheminer les déchets du point de collecte vers le lieu de traitement (CET, déchèterie, centre de tri...). Il constitue l'ensemble des opérations correspondant au déplacement du véhicule du garage à la première zone de collecte et puis au point de destination finale.

Le choix des véhicules de collecte est très important, le parc de véhicules doit être suffisamment diversifié pour permettre une collecte performante. Compte tenu de l'habitat, des réceptacles choisis et des voies d'accès, les véhicules utilisés seront donc choisis en fonction des milieux urbain ou rural.

En milieu urbain, la benne de collecte avec compression : ce type de benne est le plus répandu et pourra être employé pour la collecte ordinaire et celle par sacs perdus, ce type est analogue au précédent il doit comporter en plus un système de tassement qui leur permettait d'absorber une quantité de déchets plusieurs fois supérieure à leur permettait d'absorber une quantité de déchets. A défaut de bennes à tassement et avec compression, on utilise des camions classiques à ridelles. Additionnement à ces véhicules classiques il y'a lieu de prévoir des petites bennes destinées à faire la navette entre les voies inaccessibles et les véhicules de collecte ce

sont de petits engin 3 à 4 roues à propulsion thermique ou électrique ils permettraient la collecte dans les voies (Beliefert, 2001)

I.5.4. Traitement

Il existe plusieurs méthodes de traitement des déchets

➤ **Compostage**

Selon Mustin (1987) le compostage est un procédé biologique aérobie contrôlé, de conversion et de valorisation de substrats organiques en un produit stabilisé, hygiénique et riche en composés humiques appelé compost.

➤ **Méthanisation**

La méthanisation est un traitement biologique, par voie anaérobie (absence d'oxygène), de valorisation de la matière organique qui permet de produire un biogaz combustible composé majoritairement de méthane.

➤ **Recyclage**

Le recyclage fait partie intégrante de l'approche gestion intégrée des déchets solides. Il permet de réintroduire dans le cycle de production des matériaux qui composent un produit similaire arrivé en fin de vie. Ce mode de traitement concerne surtout le verre, le papier/carton, le plastique et les métaux.

➤ **Incinération**

Selon Desachy (2001), l'incinération consiste à brûler les ordures ménagères dans des fours spéciaux adaptés à leurs caractéristiques : composition et taux d'humidité. C'est le procédé de traitement qui permet la plus grande réduction du volume des déchets. En effet, au bout du processus, il n'en reste que 10 à 20% du volume initial (Balet, 2005). Cependant la combustion doit être menée correctement et assortie d'un traitement des fumées afin d'éviter tout transfert de pollution ou de nuisance. Les résidus de ce genre de traitement peuvent être valorisés en produisant de l'énergie ou utilisé dans les constructions routières (mâchefers).

➤ **Mise en décharge**

Contrairement aux autres procédé de traitement des déchets, la mise en décharge est la méthode de traitement la plus simple, la plus économique et la plus ancienne, mais elle présente des contraintes environnementales. Dans de nombreux pays en voie de développement c'est le

procédé le plus communément utilisé pour le traitement des déchets ménagers, mais dans les pays avancés en termes de gestion des déchets, ce mode de traitement tend à disparaître.

➤ **Enfouissement**

L'enfouissement consiste à stocker les déchets sous terre, dans des centres d'enfouissement techniques où les déchets sont répandus en couches successives sur un terrain dont les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques, ainsi que l'aménagement permettent de limiter au maximum les risques de nuisances et de pollution des milieux environnants. Trois types de CET sont utilisés pour recevoir les déchets :

- ✓ Classe 1 : réservée aux déchets industriels spéciaux ou toxiques ;
- ✓ Classe 2 : réservée aux déchets ménagers et assimilés ;
- ✓ Classe 3 : réservée aux déchets inertes.

II. Généralités sur le compostage

II.1. Définition du compostage

Selon la FAO (2005) le compostage est un processus naturel de « dégradation » ou de décomposition de la matière organique par les micro-organismes dans des conditions bien définies. Selon la nature du processus de décomposition, le compostage est subdivisé en deux catégories :

- Le compostage anaérobie où la décomposition se produit quand l'oxygène (O_2) est absent ou présent en quantité limitée. Dans ce processus, les micro-organismes anaérobies dominent. Les produits de la décomposition sont des composés intermédiaires comme du méthane, des acides organiques, du sulfure d'hydrogène et d'autres substances.
- Le compostage aérobie où la décomposition a lieu en présence d'un excès d'oxygène. Au cours de ce processus, les micro-organismes aérobies décomposent la matière organique et produisent du gaz carbonique (CO_2), de l'ammoniac, de l'eau, de la chaleur et de l'humus, qui est le produit organique final relativement stable.

II.2. Avantages et inconvénients

II.2.1. Avantages du compostage

Selon Blazy, 2014 ; Amir et al., 2010 et Jouraiphy et al., 2007, le compostage présente beaucoup d'avantage, Les principaux sont:

- Procédé biotechnologique, utilisant les potentialités microbiennes, pour transformer les substrats organiques, et exempt de toute phytotoxicité;

- Il possède un effet à long terme dans le sol comparable aux fertilisants chimiques. Le compost possède d'autres propriétés comme la diminution de l'érosion des sols, l'augmentation de la capacité de rétention en eau ou l'amélioration des échanges gazeux;
- Il enrichie et maintient la biodiversité des populations microbiennes des sols ;
- Le compostage permet d'obtenir un amendement relativement assaini, applicable à l'ensemble des cultures, qui accroît le taux d'humus du sol et stimule la vie microbienne du sol ;
- La gestion des matières organiques par cette voie offre plusieurs avantages ;
- Il permet de contrôler les pertes en éléments fertilisants. Il n'est pas possible de supprimer totalement ces pertes qui restent inévitables, en azote gazeux notamment lors de la constitution du tas et des retournements, mais elles sont bien moindres que, celles qui se font lors d'un épandage de fumier frais ;
- Il assure une désodorisation des effluents d'élevage. En effet, les microorganismes du compostage recyclent l'azote ammoniacal responsable des odeurs indésirables ;
- Il permet la destruction de certains germes pathogènes et de certaines graines d'adventices. C'est la combinaison de la montée en température et de facteurs biochimiques de la dégradation qui assure cette destruction.
- C'est un avantage très important pour l'agriculture biologique ; Elle diminue les quantités de matière organique à stocker et à épandre. La diminution de masse est de, 30 à 60 % en moins de 3 mois ;
- Il permet une délocalisation des épandages dans le temps et dans l'espace, c'est-à-dire une meilleure adéquation du calendrier d'épandage à celui des végétaux et de leurs besoins, et aux contraintes pédoclimatiques ;
- Enfin contrairement aux fumiers et lisiers, le compost, épandu sur prairies, ne risque pas de nuire à l'appétence de l'herbe puisqu'il n'est plus porteur d'odeurs indésirables.

II.2.2. Inconvénients du compostage

- Certains parasites et pathogènes ne sont pas détruits ;
- Les éléments traces métalliques (métaux lourds) présents dans les matériaux de départ ne sont pas éliminés par le compostage, au contraire : ils se concentrent à cause de la réduction du volume.
- Composter convenablement réclame un minimum d'organisation et de disponibilité. Mettre en œuvre un chantier de compostage nécessite de la place, du temps pour le suivi (surveiller que le compostage se déroule bien) et les interventions (retourner l'andain, le

couvrir, l'arroser), d'avoir le bon matériel au bon moment (tracteur, chargeur, épandeur, retourneur, ...). Ces contraintes peuvent parfois être importantes ;

- L'azote est stabilisé dans le compost. Cet élément est alors moins disponible pour les cultures et sa libération dépend beaucoup du climat et du type de sol. L'azote est stabilisé mais il est toujours présent dans le compost (Gérald et Schaub 2011).

Un manque d'aération et de maturité et un déséquilibre entre les matières organiques du compost riches en carbone et celles riches en azote, dégagent des odeurs indésirables au cours du compostage (Gérald et Schaub 2011).

II.3. Déchets compostables

Pratiqué depuis des siècles par les fermiers, le compostage s'est longtemps limité aux déchets verts. Désormais, son champ d'utilisation a été élargi à d'autres types de déchets (Vorburger, 2006). Ils sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 1 : Matériaux susceptibles d'être compostés. (Michaud, 2007)

Déchets compostables	Exemples
Déchets de cuisines	Restes de repas, pain rassis, aliments abimés, épluchures de fruits et légumes, les fruits et légumes pourris, coquilles d'œufs, marc de café, sachets des infusions de thé, graisse et huile, viande, os, poisson produits laitiers.
Déchets ménagers non Alimentaires	cartons (boîtes à œufs et autres cartons), papier journal, essuietout, couches de bébés et lingettes, sciure de bois, cendres de bois, cendres de charbon, excréments d'animaux, papier glacé ou de couleur, tissus, mégots de cigarettes.
Déchets de jardin	Paille, foin, feuilles mortes, petits branchages, écorces (broyées), mauvaises herbes (non grainées), gazon, pommes de terre flétries, végétaux, plantes, grosses tailles de branches entières.
Déchets fermentescibles de l'activité commerciale	Des restaurants des établissements publics, des cantines des entreprises, des restaurants privés, magasins de fruits et légumes, les fruits et légumes abandonnés au niveau des marchés hebdomadaires, Magasins de chaussures.

Déchets agricoles	Les effluents d'élevages solides (fumier ou déjection d'animaux), les déchets d'élevage renfermant des produits d'origine animale ou végétales comme les déchets en fourrage, les résidus des cultures, des graines (blé), les sarments de vigne, les rafles de maïs, Les résidus des cultures maraichères...
Déchets industriels et Agroalimentaires	Les déchets de transformation : blé-farine, orange-jus d'orange, Les sous produits des abattoirs et de l'industrie de la viande.

II.4. Paramètres du compostage

Les paramètres du compostage sont répartis en paramètres biologiques et paramètres physico-chimiques

II.4.1. Paramètres biologiques

➤ Micro-organismes

Les micro-organismes sont les organismes les plus actifs dans le processus de décomposition. Les principaux groupes qui interviennent dans la décomposition de la matière organique sont les bactéries, les champignons et les actinomycètes (Michaud, 2007). Les bactéries sont les premières arrivées dans le tas de compost et font le plus gros du travail (Duplessis, 2006) et seraient responsables de 80 à 90% de l'activité microbienne lors du compostage actif (Mustin, 1987).

Les champignons et les moisissures supportent mal les hautes températures et une teneur élevée en eau. Ils sont essentiellement actifs pendant la phase de maturation et sont responsables de la dégradation des polymères complexes, quant aux actinomycètes, ils apparaissent essentiellement lors de la phase thermophile et celle de maturation (Mustin, 1987).

➤ Macro-organismes

D'autres organismes de grande taille et vus à l'œil nu participent à la dégradation de la matière organique au cours du processus de compostage. On trouve entre autres des champignons, des nématodes, des collemboles, des annélides, des insectes...

II.4.2. Paramètres physico-chimiques

Un procédé de compostage optimal correspond à une fermentation réalisée dans les conditions les plus propices au développement de la flore bactérienne. Pour vérifier ces conditions, les principaux paramètres à suivre pendant le procédé sont les suivants :

➤ Eau

L'eau est indispensable pour la croissance microbienne. Selon certains auteurs (Bernon et Lebault, 1992 ; Misra et *al.*, 2005) la teneur en eau optimale est voisine de 50 %. Un excès d'humidité peut conduire à une élimination trop rapide de l'oxygène donc l'anaérobiose se déclenche, de plus une teneur en eau élevée favorise les pertes en calories du système ce qui peut perturber les évolutions thermiques. Par contre si le tas de compost est trop sec, il se décomposera très lentement. Il est donc nécessaire d'ajouter un peu d'eau au compost pour aider à accélérer le processus pendant les périodes de sécheresse (Cummings, 2014).

➤ pH

Le pH des suspensions de solides (déchets, compost) varie entre 5 et 9.

- **Une phase acidogène** : produit au début du processus de dégradation, production d'acides organiques et de dioxyde de carbone (CO₂) par les bactéries acidogènes, décomposeurs du matériel carbone complexe, provoquant ainsi une diminution du pH initial (Amir, 2005 ; Elfels, 2014).
- **Une phase alcalinisation** : hydrolyse bactérienne de l'azote avec production d'ammoniac (NH₃) associée à la dégradation de protéines et à la décomposition d'acides organiques [Haug, 1993 ; Mustin, 1987].

Le pH optimal se situe donc vers la neutralité en fonction de la nature du substrat [Damien, 2004]. Le suivi du pH est un indicateur du degré de décomposition biologique et biochimique. La première phase acidogène est difficilement observable comme l'indiquent les études de Canet & Pomares (1995) ou celles de Sanchez-Monedero et al. (2001).

➤ Température

L'évolution de la température du compost résulte de la production de chaleur par l'activité des microorganismes qui dépend de la biodégradabilité du substrat et de sa composition en nutriments (LASHERMES, 2010). Le processus de compostage se déroule en quatre phases en fonction de l'évolution de la température (FRANCOU, 2003).

▪ La phase mésophile

C'est la phase initiale du compostage. Durant les premiers jours la présence de matières organiques facilement biodégradables (les sucres, les glucides, les lipides) entraîne une forte activité microbienne engendrant une augmentation de la température à l'intérieur du compost.

▪ **La phase thermophile**

On observe une montée de la température allant de 60°C à 75°C. Seules les bactéries peuvent survivre à ces températures. La grande partie de la matière organique est perdue sous forme de CO₂ et H₂O.

▪ **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.

▪ **La phase de maturation**

Les processus d'humification prédominent ainsi que la dégradation lente des composés résistants. Cette phase de maturation dure jusqu'à l'utilisation du compost.

➤ **Rapport carbone/azote**

Les micro-organismes (bactéries) utilisent le carbone comme source d'énergie et l'azote comme source protéique. Le procédé de compostage entraîne une décomposition de la matière organique, donc une consommation de l'azote et du carbone, correspondant à la diminution du rapport C/N. Il est important de connaître le rapport C /N initial des déchets afin de constituer un mélange optimal en ajoutant la quantité d'éléments déficitaires pour assurer une dégradation idéale et homogène sur l'ensemble du processus

➤ **Teneur en Matière Organique Totale**

La minéralisation du compost correspond à une diminution de la matière organique totale au cours de la dégradation biologique du substrat. Cette diminution est variable et dépend des conditions de réalisation du processus de dégradation, également de la durée nécessaire du procédé

➤ **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 (Waas, 1996). La présence d'oxygène est indispensable au bon déroulement du compostage pour maintenir les conditions aérobies nécessaires à une décomposition rapide et inodore. La teneur en oxygène lacunaire représente le pourcentage d'oxygène dans l'air des vides entre les particules de compost.

Ce taux est fonction de la granulométrie et de l'humidité des particules comme du renouvellement de l'air des lacunes. Au fur et à mesure de la dégradation du substrat, le besoin en oxygène diminue (Mustin, 1987 ; Haug, 1993). Si la teneur en oxygène est trop faible ou la masse à composter trop compacte, les conditions favorables à l'anaérobiose se mettent en place. Ce type de fermentation aboutit à un produit stabilisé mais par le biais d'un processus plus lent avec dégagement d'odeurs nauséabondes.

Les systèmes d'aération sont divers et variés : retournements mécaniques, aération forcée ou pilotée, avec ou sans recirculation (Bari, 2001 ; Illmer & Schinner, 1996). L'apport d'oxygène réduit l'humidité initiale (si elle est trop forte), améliore l'homogénéité du substrat et diminue une possible élévation de température.

➤ **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 microorganismes, sera étendue et meilleure sera la fermentation.

Une granulométrie trop fine induit un espace poral trop réduit et diminue l'accès puis la circulation de l'air du compost : on parle d'étouffement. Par contre, si la granulométrie est trop élevée, les apports en oxygène vont dépasser les teneurs optimales, asséchant le compost, et la montée en température se réalisera difficilement.

La granulométrie du substrat évolue au cours du processus de dégradation par fragmentation des agrégats vers des éléments fins. Elle peut être modifiée par l'emploi du broyeur ou de cribleur (Charnay, 2005).

II.5. Compost

II.5.1 Définition

Le compost est un mélange de débris organiques en décomposition et de matières minérales, destiné à nourrir et à alléger le sol qu'il enrichit en humus (COUPLAN et MARMY, 2009). Pour Smeesters, 1993, 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.

Le compost est caractérisé par 3 qualités majeures :

- La constance de composition, c'est-à-dire la stabilité et l'invariabilité du produit ;
- L'efficacité agronomique (dans les conditions d'emploi prescrites) ;

- L'innocuité (à l'égard de l'homme, des plantes, des animaux et de l'environnement), c'est-à-dire l'absence de risques sanitaires en termes de germes pathogènes, parasites et graines de plantes adventices, ou de divers polluants retrouvés dans les déchets solides (métaux lourds, polluants organiques de synthèse,...) (Bromet et Somaroo,2015).

II.5.2 Critères de maturité

Il est difficile de connaître avec une extrême précision la maturité des composts car le processus se produit même après son application au champ (Mustin, 1987). Néanmoins, quelques indicateurs permettent d'apprécier cette maturité. Lorsque les phases thermophiles s'achèvent, on obtient un compost brut stabilisé. Celui-ci entre dans une phase où les réactions de production de l'humus (humification) prédominent (Mustin, 1987). Dans un bon compost, le taux d'humidité ne doit pas dépasser 50% et le pH doit se situer autour de la neutralité (pH=7) ; il doit être de couleur noire, décomposé, c'est-à-dire les particules végétales se défont à la pression des doigts, exempt de micro-organismes pathogènes et de graines de mauvaises herbes (Atalaesso, 2017).

II.5.3. Intérêt de compostage

Le compostage présente des différents objectifs :

➤ Réduction des volumes des déchets

La réduction des volumes est de l'ordre de moitié pour les fumiers ou les déchets verts. Elle est due aux pertes de carbone et d'eau, suivies de tassements, qui ont lieu pendant le compostage. Cette réduction des volumes permet une réduction des stocks de fumier à épandre, dans un délai relativement court puisqu'en 6 semaines en moyenne ces stocks sont diminués de moitié. L'économie de temps réalisée grâce à la diminution des volumes à épandre couvre en général le temps nécessaire à la fabrication du compost (Itab, 2001)

➤ Concentration en éléments minéraux

Grâce à la diminution de masse, très supérieure à celle des fumiers de dépôts de même âge, les composts sont plus concentrés en éléments fertilisants que les fumiers (Itab, 2001).

➤ Destruction partielle ou totale des résidus de produits phytosanitaires

Halberg (1999), rapporte que des études effectuées aux Etats-Unis sur les 200 pesticides les plus courants ont révélé la présence en fin de compostage des produits les plus rémanents (le Chlordane : insecticide contre les termites ; le Pentachlorophénol : fongicide pour le traitement du bois ; le Captan, le Lidane et le 2,4-D).

L'activité de dégradation biologique au cours du compostage détruit la plupart des molécules et les résidus sont faibles ou nuls.

➤ **Lutte contre les odeurs désagréables**

Le compostage conduit à un produit qui rappelle l'odeur du terreau des litières de forêt. Même en cours de compostage il y a peu d'émission d'odeur désagréable. Si de telles odeurs existent, elles traduisent une évolution incorrecte du compostage (manque d'oxygène) (Itab, 2001).

➤ **Hygiénisation du produit fini et obtention d'un compost**

Quel que soit l'équipement utilisé, les retournements opèrent un mélange des matières à composter. Une des caractéristiques du compost est son homogénéité, ce qui facilite grandement l'épandage. Le fumier stocké présente en revanche une structure fragmentaire très hétérogène, imputable à la présence de mottes plus ou moins agglomérées ou prise en masse en fonction des zones et de la maturité du tas. Cette hétérogénéité du fumier entraîne des épandages grossiers et gêne notamment les apports sur prairies (Itab, 2001).

➤ **Limitation des pertes d'azote nitrique**

D'après Le Houérou (1993), le compostage a été étudié de manière à répondre à cet objectif qui est la réduction de poids (40% environ pour fumier de bovin) et de volume (50% en moyenne) permet le transport du compost sur des passerelles trop éloignées pour faire l'objet d'épandage et permet simultanément de réduire les épandages sur les zones à risque limitant ainsi les pertes nitriques.

➤ **Lutte contre les maladies des plantes**

Plusieurs recherches menées dans différentes parties du monde ont montré que le jus de compost en plus de son action fertilisante, pourrait être un moyen efficace de lutte contre les maladies fongiques des plantes en stoppant ou en inhibant le développement des champignons pathogènes. Les études sont encore récentes et le mécanisme d'action du jus de compost n'est pas encore bien connu.



Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériel et méthodes

L'objectif de ce chapitre est de présenter tout d'abord le site d'étude par la suite, les matériaux et les dispositifs expérimentaux utilisés dans ce travail. Et enfin, les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques et le suivi de l'évolution du compost sont présentés.

I. Présentation du site d'étude

I.1. Présentation de la R.U. Hasnaoua 2

Ce travail est réalisé au niveau de la résidence universitaire Hasnaoua 2 (BASTOS) (figure 1), l'un des pôles de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO). Cette résidence universitaire s'étale sur une superficie de 136.777 m². C'est une résidence des jeunes filles avec une capacité de 2000 lits en 1999 et a été redoublée en 2001 à 4000 lits Elle a ouvert ses portes en octobre 1999.

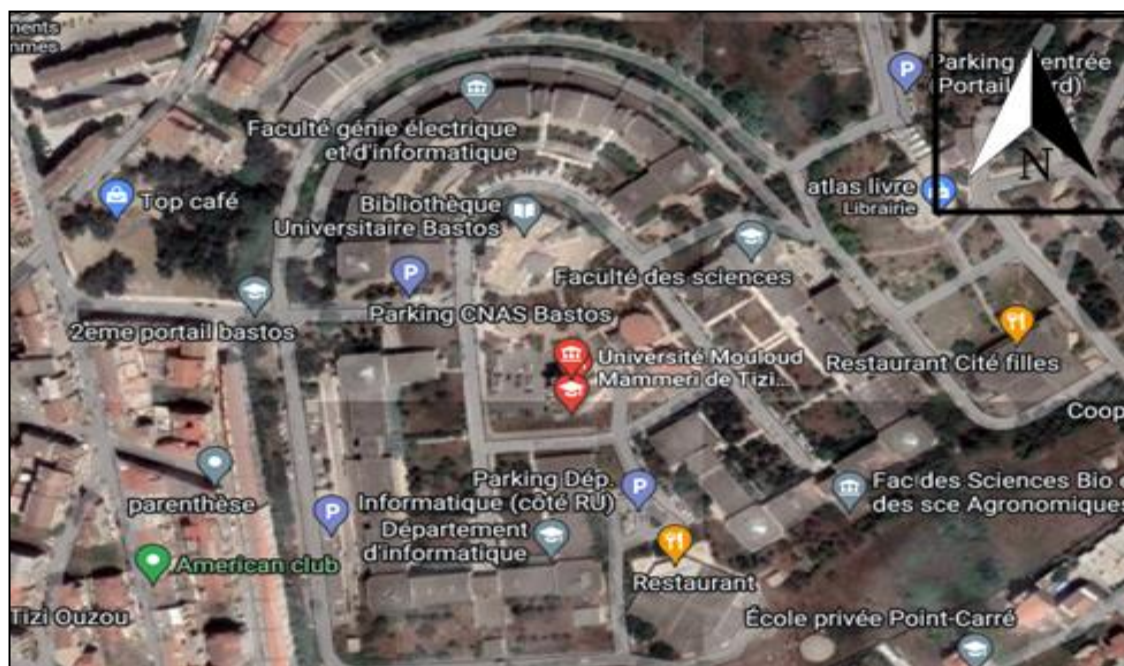


Figure 02: Vue aérienne du pôle universitaire Hasnaoua II de l'Université Mouloud Mammeri (Google earth, 2022).

I.2. Localisation et situation géographique

La résidence universitaire Hasnaoua 2 est implantée au sein de l'université M. Mammeri de Tizi-ouzou au centre de la ville de Tizi-Ouzou (figure 2) Elle est délimitée au nord par le CEM Halliche Hocine (ex BASE 7), au sud par l'école privée Djurdjura school, à l'est par la Pâtisserie viennoiserie le coin de délice et à l'ouest par une Ecole Technique.



Figure 03 : Situation géographique de la zone d'étude (Google Maps, 2022)

I.3. Structure de la résidence

La résidence universitaire Hasnaoua 2 est composée des infrastructures suivantes :

- 06 pavillons d'une capacité de 2922. Le nombre de résidentes au 31 – 12 – 2021 est de 2584 ;
- 01 Restaurant de 500 places ;
- 01 foyer-caféteria ;
- 01 salle de lecture ;
- 01 salle de télévision ;
- 01 atelier de dessin ;
- 01 salle internet composée de 19 postes avec Wi-Fi ;
- 01 salle polyvalente de 300 places ;
- 01 salle de sport.

I.4. Schéma de gestion des déchets

La résidence Hasnaoua 2 (figure 03) suit un plan traditionnel pour la gestion de leurs déchets, la collecte se fait en mélange de façon quotidienne par une entreprise d'enlèvement des déchets ménagers. Le prix de la prestation est de 1200 Da /j. Ces déchets sont acheminés vers le Centre d'enfouissement technique (CET) de Tizi-Ouzou, à l'exception des quantités importantes de cartons produits quotidiennement qui sont incinérés localement. Pour les débris

du pain, ils sont récupérés par des agriculteurs conventionnés. Les huiles de fritures sont récupérées par une entreprise privée pour les valoriser par recyclage.



Figure 04 : Incinération local du carton.

II. Méthodologie du travail

Le travail expérimental consiste à traiter les déchets biodégradables générés par le restaurant en utilisant la méthode du compostage en tas. Les déchets générés au niveau de la résidence universitaire Hasnaoua 2 sont traités par le processus du compostage pendant la période allant du 16 Mars jusqu'au 11 juin 2022.

II.1. Choix du site du compostage

Pour réaliser notre partie expérimentale nous avons choisi un site dans un lieu ouvert à côté du restaurant universitaire, pour aérer et favoriser la décomposition plus rapide des déchets.

II.2. Essai du compostage

Pour nos essais de compostage, nous avons opté pour la méthode des composteurs.

II.2.1. Préparation de la plateforme

Pour le compostage des bio-déchets, nous avons mis en place deux (2) composteurs de 1 m³ de volume.



Figure 05 : Composteur de 1 m³ .

II.2.2. Récupération des déchets

Pour récupérer les déchets utilisés durant la partie expérimentale de cette étude nous avons placé des caisses à l'extérieur de la cuisine. Les déchets récupérés sont composés essentiellement de fruits et légumes avariés et des épluchures générés lors de la préparation des repas. Nous avons répété cette opération pendant une période de 7 jours.



Figure 06 : Bio-déchets récupérés du restaurant de la résidence universitaire.

En plus des bio-déchets, nous avons utilisé le grignon d'olive et la sciure de bois comme apport de carbone.

➤ Grignon d'olive

Le grignon d'olive est un résidu solide issu de la première pression ou centrifugation des olives et sont formés des pulpes et noyaux d'olives. Ils peuvent être transformés en un produit destiné à l'alimentation animale ou en huile dite de grignons d'olives après extraction chimique (Benyahia et Zein, 2003).

Le grignon d'olive est constitué d'une certaine quantité de matière grasse, et une importante quantité d'eau, (Meziane., 2013), ainsi qu'en cellulose brute (32 à 47%), en lignine (22%), en hémicellulose (15%) et 1% de matière sèche en composés phénoliques (Neffzaoui, 1991).

Plusieurs sacs ont été récupérés au niveau d'une huilerie à Redjaouna (près de la ville de Tizi-Ouzou).



Figure 07 : Grignon d'olive.

➤ Sciure de bois

La Sciure de bois est un déchet en poussière qui tombe d'une matière que l'on scie, en particulier le bois (Dictionnaire Larousse), elle a été récupérée chez des différents menuisiers au niveau de la nouvelle ville de Tizi-ouzou.

La sciure de bois est composée d'atomes de carbone (environ 48.15%), d'oxygène (43%), d'hydrogène (6%) et d'azote (0.18%) (Oliveira et *al.*, 2020). Du point de vue moléculaire, le bois est essentiellement constitué de cellulose (55.3%), d'hémicelluloses (14.1%), de la lignine (25%) et éventuellement d'autres composants (résine, tannins, etc.) (Eyheraguibel., 2004).



Figure 08 : La sciure de bois.

II.2.3. Mise en tas des bio-déchets

Cette technique consiste à mettre les déchets en les déposant directement dans les composteurs sous forme de tas. Ce qui nous permet d'avoir une bonne accessibilité, et un suivi facile à réaliser. L'expérience a été lancée le 16 Mars 2022.

Au cours du compostage, nous avons effectués des retournements manuels pour favoriser l'aération des substrats en décomposition. Après chaque retournement, l'humidité est contrôlée et en cas de dessèchement des mélanges, nous ajoutons de l'eau.



Figure 09 : Mise en tas des bio-déchets



Figure 10 : Mélange des fractions sèche et humide.



Figure 11 : Arrosage avec l'eau

II.3. Protocole expérimental

Pour notre étude, nous avons choisie de réaliser deux composteurs avec deux apports carbonés différents repartis comme suit :

- a) **Le premier composteur** : est constitué de 40 caisses de déchets organique + 20 caisses de grignon d'olive
- b) **Le deuxième composteur** : est constitué de 40 caisses de déchet organique+ 20 caisses de scuire de bois

II. 4. Etude de la faune du compost (mettez des phrases introductives entre les titres)

II.4.1 Méthode d'échantillonnage

II.4.1.1. Echantillonnage de la mésofaune du compost

Lors de l'étude de la faune du compost nous avons prélevé des échantillons homogènes de chaque mélange chaque 10 jours à 3 niveaux de profondeurs: à la surface, au milieu et au fond de chaque tas.

Nous avons utilisé la méthode du quadra proposé par Coineau (1974). Le quadra choisie est en métal et de faibles dimensions (25 cm^3) pour mieux gérer le volume prélevé.

Nous avons mis chaque échantillon dans son propre sachet étiqueté afin d'éviter que des insectes s'en échappent.



Figure 12 : Quadra



Figure 13 : Prélèvement d'un échantillon

II.4.1.2. Méthode d'extractions de la faune du compost

Pour récupérer la faune des différents échantillons, nous avons opté pour la méthode de Berlèse-Tullgren dont le principe consiste à utiliser les tactismes des individus, ces derniers sont amenés à quitter le sol sous l'influence d'un stimulant d'ordre thermodynamique. Un entonnoir de forte pente 60° placé sur un support stable et un panier de grillage à maille de 1 mm est placé dans sa partie supérieure et reçoit le prélèvement. Celui-ci est chauffé par une ampoule électrique placée au-dessus.

Chassés par la déshydratation du milieu et par l'élévation de la température, les microarthropodes s'enfoncent dans le prélèvement, traversent le tamis et glissent sur les pentes de l'entonnoir, ils seront conduit dans un tube collecteur placé sous l'entonnoir et rempli d'alcool (Ethanol) à 70° (Coineau., 1974 et Deprince., 2003).

Chaque échantillon est laissé pendant 7 jours sous la lumière des ampoules électriques, pour pouvoir extraire un nombre important d'animaux du sol. Quant à la macro-pédofaune, de par sa grande taille, nous l'avons extraite à la main à l'aide d'une pince. Par la suite, nous l'avons mise dans des flacons contenant de l'éthanol afin de préserver sa morphologie en bon état pour assurer une bonne identification.



Figure 14 : Extraction de la macrofaune.

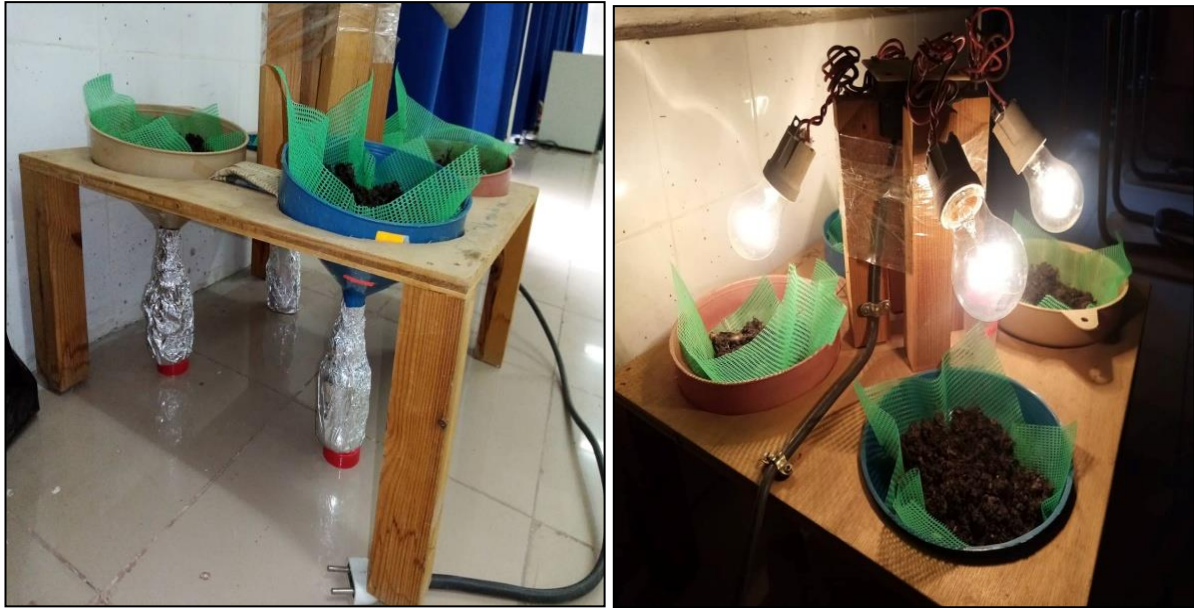


Figure 15 : Appareil de Berlèse (modifié)

II.4.1.3. Identification de la macrofaune

L'identification de la macrofaune du sol est faite à l'aide d'une clé d'identification, cette dernière nous a aidés à différencier et à classer les espèces trouvées dans les échantillons de sol récupérés sur le terrain.

Nous avons utilisé une loupe binoculaire, pour une meilleure précision des résultats, et une bonne observation des objets épais. La loupe nous donne une image agrandie et en relief.

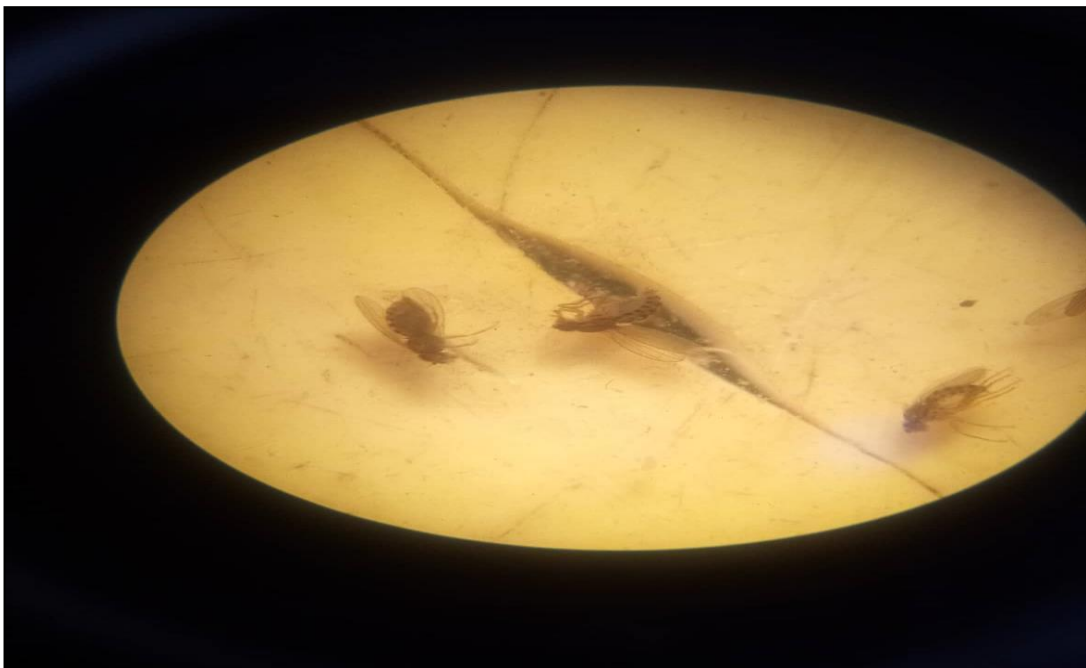


Figure 16 : Insectes vue sous la loupe binoculaire

Ce cliché a été pris avec un portable par l'oculaire de la loupe binoculaire.

II.5. Méthodes de caractérisation

II.5.1 Préparation des échantillons

Avant d'effectuer les analyses, les composts sont séchés, broyer avec un broyeur (Figure 15) et tamisés à 1 mm à l'aide d'un tamis en inox (figure 16).



Figure 17 : Broyeur (photo originale, 2022)



Figure 18 : Tamisage des composts.

II.5.2 Analyse physico-chimiques du compost

Lors de la caractérisation et la valorisation d'un déchet par la filière de compostage, plusieurs paramètres sont à identifier (Charnay, 2005). Nous avons suivi l'évolution des paramètres physico-chimiques des composts durant toute la période d'étude.

II.5.2.1. Mesure de la température

La température a été mesurée chaque jour sauf les week-ends, à l'aide d'un thermo compost que nous introduisons directement dans le tas du compost à 30 cm de profondeur. Après quelques minutes on lit la température affichée. Elle est prise à chaque fois sur trois points différents : au centre du tas de compost et au niveau de deux extrémités.



Figure 19 : Mesure de température

II.5.2.2. Mesure du pH

La détermination du potentiel hydrogène, pH, est effectuée sur des suspensions aqueuses selon la norme AFNOR NF ISO 10-390 de novembre 1994 (Tahraoui Douma 2013).

Dans un bécher, 10 g de compost ont été dilués dans 50 ml d'eau distillée, nous les mettons dans des fioles, après on les place dans un agitateur pendant 60 minutes, on filtre les solutions obtenues par un papier filtre et on mesure la concentration des ions H^+ présents dans la solution à l'aide d'un pH-mètre.



Figure 20 : la filtration des solutions



Figure 21 : Détermination du pH à l'aide d'un pH-mètre au niveau du laboratoire de pédologie de l'INRF (photo originale, 2022)

II.5.2.3. Conductivité électrique

La **conductivité électrique** (CE) est l'aptitude d'un matériau à laisser les charges électriques se déplacer librement, autrement dit à permettre le passage du courant électrique. On mesure la conductivité électrique C.E à l'aide d'un appareil conductimètre sur extrait obtenu à partir d'un échantillon (10g) sec puis dilué dans 50 ml de l'eau distillée le même Protocole que la mesure de pH et dont la valeur de la concentration en sels des solutions du compost.



Figure 22 : Mesure de la conductivité électrique au niveau du laboratoire de l'INRF
(photo originale, 2022)

II.5.2.4. Vérification de l'humidité

Nous avons procédé au test de la poignée pour savoir si le compost manque d'eau ou s'il est suffisamment humide. Ce test consiste à Vérifié l'humidité sur un compost en formation, pour cela on prend une poignée de compost dans la main et on la presse.

- Si quelques gouttes perlent entre les doigts et que le matériau ne se disperse pas quand vous ouvrez la main, le compost à une bonne humidité.
- Si un fin filet d'eau s'en échappe, il est trop mouillé.
- Si rien ne coule et que le paquet se défait, il est trop sec.



Figure 23 : Test de la poignée.

II.5.2.5. Mesure de la teneur en matière organique

La teneur en matière organique par perte au feu représente la teneur en matière volatile. Cette matière volatile correspond à la teneur en matière organique totale.

Les échantillons humides ont été tamisés avec une maille de 0.5 mm et pesés 5 g d'entre eux pour être séchés dans une étuve à 105°C pendant 24 heures puis repesés après séchage. Les échantillons ont ensuite été brûlés à 600°C pendant 4 heures et pesés à nouveau. La perte de poids correspond à la quantité de matière organique contenue dans le compost. Les résultats sont exprimés en pourcentage déterminant le poids de MO par rapport au poids total de l'échantillon

Enfin, on applique la formule suivante :

$$\text{MO (\%)} = [(\text{poids (105}^\circ) - \text{poids (600}^\circ) / \text{poids (105}^\circ)] * 100$$

II.5.2.6. Carbone organique

On déduit le carbone à partir de matière organique par la formule suivante:

$$\text{Le carbone} = \text{matière organique} / 1.72$$



Figure 24 : Echantillons séchés à l'étuve



Figure 25 : Four à moufle

II.5.2.7. Dosage de l'azote total

Le dosage de l'azote est déterminé par la méthode KJELDHAL-Olsen in Aubet (1967)

➤ **Minéralisation**

- Introduire 0.5 g de substrat tamisé à malle de 0.5 mm dans un matras de Kjeldahl de 250 ml
- Ajouter 20 ml de l'eau distillée, agiter légèrement
- Laisser reposer pendant 30 minutes
- Ajouter 2 g de catalyseur
- Ajouter 30 ml d'acide sulfurique concentré avec une éprouvette de 50 ml
- Porter à la rompre d'attaque, sous hotte bien ventilée ou bien relier les matras à un tube ou un réfrigèrent d'évacuation des fumés. Chauffer d'abord à température modérée, ensuite augmenter la température jusqu'à ébullition, l'opération peut demander plusieurs heure ; chauffer encore pendant 30 min après la décoloration de contenu des matras qui indique que la minéralisation est bien réaliser.

➤ **Distillation et dosage**

- Introduire 20 ml de l'extrait dans le flacon de distillation ou les matras de l'appareil de Buchi
- Ajouter quelques goutte de rouge de méthyl

- Neutraliser à la soude a 40 % (apparition de la couleur bleu ; précipitation d'hydrates de $\text{Co}(\text{OH})_2$), utiliser 30 ml de NaOH 10 N
- Introduire de 20 ml de l'acide borique avec 3 gouttes d'indicateur mixte dans un erlen meyer de 300 à 500 ml et installer sous le collecteur de distillation (le bout de collecteur doit poigner dans l'acide borique).
- Commencer à chauffer et distillée jusqu'à l'obtention d'un volume de distillat de l'ordre de 20 ml (le volume de la solution de H_3BO_3 sera 30 ml), rincer le collecteur a l'eau distillée et récupérer la solution de rinçage 150 ml de distillant soit recueillis, acide borique incluse dans erlen meyer.
- Tirer a H_2SO_4 0.05N jusqu'au virage de vert au rose, noter le volume utiliser (V1), tirer 20 ml de H_3BO_4 contenant l'indicateur mixte avec H_2SO_4 0.05N jusqu'au virage de vert au rose, noter le volume utiliser (V2) pour le témoin.



Figure 26 : matras de Kjeldahl



Figure 27 : appareil de Buchi

II.5.2.8. Rapport C/N

L'évolution du rapport C/N est souvent considérée comme indicateur d'une bonne dégradation d'un substrat organique solide au cours de la fermentation. Ce rapport C/N est calculé à partir des valeurs de C_{org} mesuré par oxydation et de la quantité d'azote N mesurée par la méthode NTK.

II.5.2.9. Dosage de calcaire total

- Peser un poids de 0.3 g de CaCO_3 préalablement séché à l'étuve (le témoin doit subir le même traitement que l'échantillon)
- Peser 01 g de compost
- Introduire du HCl ½ dans un erlenmeyer à l'aide d'un agitateur en verre
- Humidifier la terre avec H_2O
- Relier l'erien à l'appareil et boucher
- Remettre l'appareil à 0 (zero)
- Reprendre HCl dans l'erien en inclinant le flacon
- Abaisser l'amiante pour rétablir le niveau
- Lire le volume de CO_2

$$\text{La formule} = \frac{0.3 \times l \times 100}{T \times P}$$



Figure 28 : Dosage du calcaire total à l'aide d'un calcimètre au laboratoire de pédologie à L'INRF (photo originale, 2022)

II.5.2.10. Phosphore assimilable

Le phosphore assimilable est déterminé par la méthode JORET-HEBER. Cette méthode détermine le phosphore alcalino-soluble extrait par $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$. Le phosphore est dosé par la méthode du bleu de phospho-molybdate à 660 nm, par spectrophotométrie.



Figure 29 : la détermination du phosphore assimilable à l'aide d'un spectrophotométrie au laboratoire INA (photo originale, 2022)

II.5.2.11. Potassium total

On mélange 5 g de compost à 5 ml de HNO_3 sur un bain de sable à 80°C . Après on ajoute à chaque fois 5ml de HNO_3 jusqu'à l'obtention de la couleur transparente puis on filtre dans des fioles de 50 ml et on complète à l'eau distillé à 50 ml, on prépare la gamme et on fait passer au photomètre à flamme.



Résultats et discussion

Chapitre III : Résultats et discussions

Dans ce chapitre nous avons présenté les résultats d'analyses physiques et chimiques effectués sur le compost.

I.1.Compost

Le compostage des différents tas a duré 03 mois moyennant des arrosages et des retournements selon les besoins.

A partir des observations visuelles effectuées régulièrement sur les tas ceci a abouti à un compost mur caractérisé par :

- Absence d'odeur d'ammoniac ;
- Sa température est similaire à la température ambiante ;
- Il est granuleux, noir et sent bon.

I.1.1.Produit du compostage



Figure 30 : Composts SB et GO au début du processus de compostage.



Figure 31: Composts SB et GO à la fin du processus de compostage.

Les figures 30 et 31 montrent le résultat du processus du compostage au cours de la première semaine et après 12 semaines de compostage.

La première semaine du compostage les tas sont pâteux, la taille des tas est élevée comme la montre la figure 30, à cette dégradation selon Mistin *et al.*, (2005) est due à l'envahissement des matières premières par les micro-organismes, durant la phase initiale du compostage. Ces micro-organismes absorbent les molécules simples (sucres simples, acides aminés, alcools...).

Après deux semaines de compostage nous avons constaté une forte activité biologique dans tous les tas grâce aux vapeurs d'eau qui sortent des tas lors du retournement, Ceci s'explique par la présence des conditions favorables au déclenchement du processus de compostage (phase initiale ou mésophile), et nous avons aussi constaté l'apparition de champignons blanchâtres dans tous les tas, ce qui reflète le bon déroulement du processus de compostage ce qui caractérise la phase mésophile. A la fin du processus la quantité des déchets compostés obtenue devient plus petite et une nette homogénéisation du mélange.

La dégradation de la cellulose durant cette phase est responsable de plus de 75% de la perte du poids sec (Mustin *et al.*, 2005).

Cette expérimentation menée en 3 mois de maturation prouve qu'une grande quantité de produits carbonés considérés comme des déchets peuvent être valorisés en humus stable et améliorer ainsi la fertilité physique et organique des sols agricoles.

D'après Rynk (1992), la durée de compostage est courte si le rapport C/N et l'aération des tas sont favorables. Mais, si l'humidité est faible, la température est basse, le rapport C/N élevé, l'aération est insuffisante et le matériel est résistant, la durée de compostage est lente. Par contre, pour Tuomela *et al.* (2000), la durée de compostage dépend de la nature de la matière organique, de l'efficacité du processus et du degré d'aération. De nombreux auteurs citent un rapport C/N de 15 à 30 comme idéal. L'expérience pratique montre que, pour des substrats riches en lignines ou autres formes de carbone peu fermentescibles, un rapport de 40 voire 50 ne provoque pas de carence par immobilisation de l'azote. La dégradation de ces composés carbonés par les micro-organismes est en effet tellement lente que la faible.

I.2. Evolution des paramètres physico-chimique

Les paramètres que nous avons suivis sont : la température, l'humidité, le pH, conductivité électrique (CE), la matière organique, le rapport C/N, phosphore, potassium et calcaire.

I.2.1. Evolution de la température des composts en fonction du temps

La figure 32 donne l'évolution de la température moyenne des tas de compost GO et SB au cours du processus du compostage. Elle montre deux tendances majeures de la température indifféremment des tas de compost. Ces tendances correspondaient respectivement aux phases oxydation et minéralisation caractérisées par la croissance de la température et la maturation refroidissement caractérisée par une baisse continue de la température.

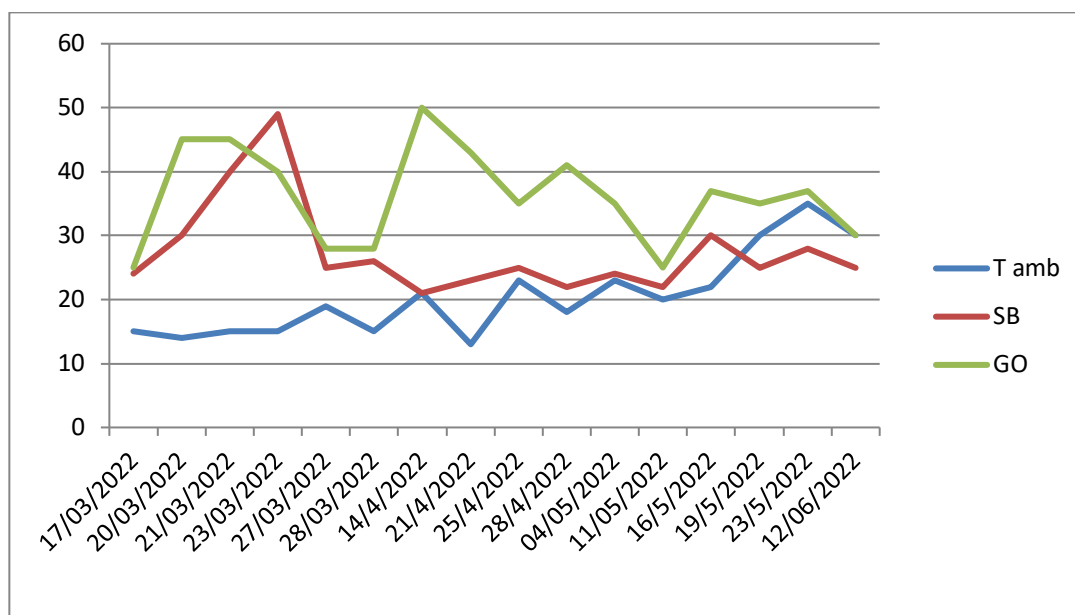


Figure 32 : Evolution de la température des tas au cours de compostage.

Nous remarquons une augmentation de la température durant les premiers jours représentant la phase mésophile, suivie par des pics spécifiques à chaque tas représentant la phase thermophile. Ensuite nous constatons une diminution de la température représentant la phase de refroidissement, pour se stabiliser à la fin à une température ambiante selon les tas, représentant la phase de maturité.

Au début du compostage, durant la première semaine les températures augmentent de 25°C jusqu'à 45°C pour GO et 49°C pour SB, cela serait dû à l'activité biologique assurée par des micro-organismes mésophiles. Cette augmentation est la conséquence directe de l'oxydation de la matière organique des substrats.

Plus en détail, la figure nous montre que les courbes suivent à peu près la même allure pour les deux types de tas GO et SB ; elles montrent également que le pic de température les

plus élevés atteints durant tout le processus, pour la SB, ont été enregistrés durant la première semaine et de 49°C.

La température de GO croît après un mois du temps pour atteindre son maximum (50°C). Cette élévation de température serait due à l'activité des microorganismes thermophiles qui dégradent les composés organiques (Mustin, 1987). En effet, par leur respiration, les microorganismes vont épuiser l'oxygène de la masse en compostage et rendre le milieu anaérobie d'où une élévation de température.

A partir de là, on enregistre des différences de température entre les différents tas de grignon d'olive et ceux de la sciure de bois, ce dernier présente des températures basses.

Malgré que les températures ambiantes enregistrées soient faibles, nous remarquons que les températures des substrats sont élevées au cours de cette phase cela serait due à une forte activité microbienne.

Cependant, durant la phase de refroidissement qui succède à la phase thermophile, les pertes de chaleur par échange avec le milieu extérieur et la diminution des éléments nutritifs qui est due à la décomposition de la totalité des déchets azotés, ainsi que le ralentissement de l'activité microbienne qui peut être lié à la stabilisation de la matière organique du compost qui peut être aussi définie comme l'augmentation de sa résistance à la biodégradation par la formation des complexe NH₃ - matière organique qui sont chimiquement très stables et très résistants à la dégradation par les microorganismes (Bicaba, 2017) et (Bochove, 1993), engendrent une chute progressive des températures se rapprochant ainsi de la température ambiante qui est de 30°C après 87 jours.

La température varie non seulement en fonction de l'activité microbienne, mais aussi en fonction de la nature de la matière en décomposition. En effet, plus la matière est facilement décomposable, plus la température s'élève et plus le temps de décomposition est court (Boutin, 2009). En s'appuyant sur cette information, nous remarquons que les températures les plus élevées sont atteintes au niveau des composteurs qui contient de grignon d'olive.

Des arrosages et /ou des retournements, lorsque la température des tas augmentait ou diminuait sont effectués, afin de maintenir cette température optimale pour l'activité microbienne. Par la suite, la production de chaleur diminue et la température baisse progressivement pour se stabiliser à des températures inférieures à 40°C. On note toujours que les températures des tas sont presque les mêmes à la température ambiante de la serre, donc nous sommes toujours dans la phase de maturité, ce qui indiquerait que notre compost est mûr.

I.2.2. Evolution du pH

Potentiel d'hydrogène (pH) traduit le degré d'acidité ou de basicité du milieu, et détermine le comportement des éléments chimiques.

L'acidité agit spécifiquement sur la microflore responsable de la décomposition de déchets organiques initiaux. Le pH, imposé par la matière première qui est résistante ou moins biodégradable telle que la lignine, échappe à la minéralisation et après certaines biotransformation sert de matériau de base à l'édification de molécules nouvelles qui deviendront les substances humiques (Kögel-Knabner, 2002). La figure ci-dessous représente les différentes variations du pH

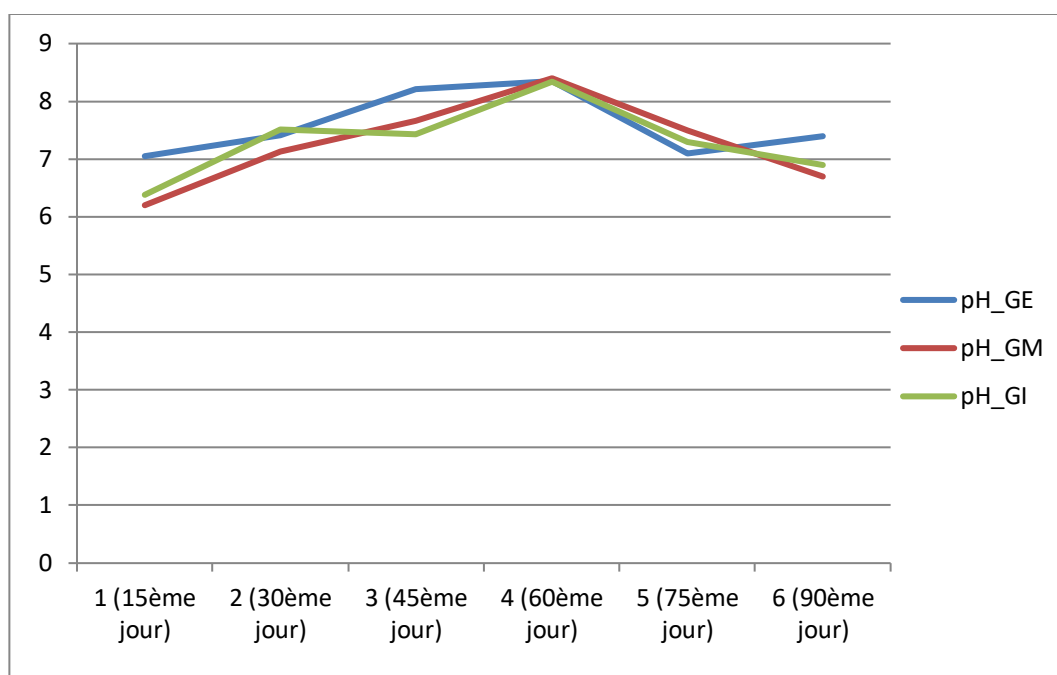


Figure 33 : Evolution du pH de grignon d'olive au cours de compostage.

Selon les normes d'interprétation, l'étude de l'évolution du pH au cours de la phase mésophile et thermophile montre que les pH sont légèrement acide ou proche de la neutralité varient de 6.2 à 7 (figure 33). Ces faibles valeurs de pH sont probablement dues à la production d'acides organiques et les pertes en azote. Nos résultats sont conformes aux résultats de plusieurs auteurs (Denesh, 2014) ; (Francou, 2003); (Nobili & Petrusi, 1988), qui expliquent qu'au début de processus de compostage, il apparaît que les composts sont légèrement acides. Ces faibles valeurs de pH pourraient être dues à la libération des acides organique ou à l'anaérobiose, Cette constatation est intéressante, car ce phénomène est assimilé à une production d'acide due à une oxydation incomplète, signe d'une mauvaise oxygénation comme le soulignent (Francou, 2003).

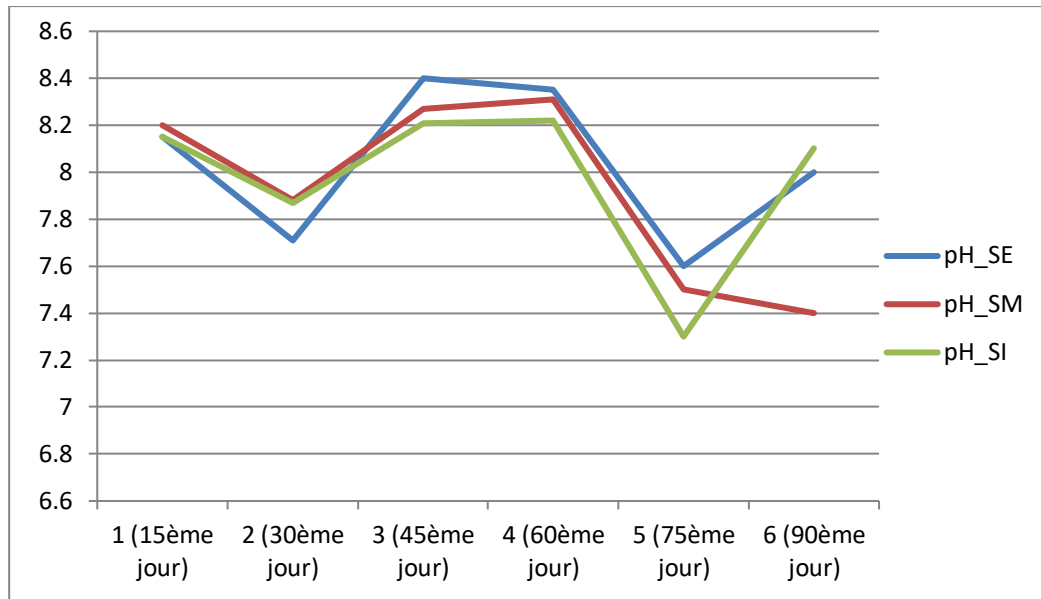


Figure 34 : Evolution du pH de la sciure de bois au cours de compostage.

Dans la figure 34 on remarque une diminution nette du pH dès les premiers jours représentant la phase acidogène, suivie d'une augmentation représentant la phase d'alcalinisation, pour à la fin se stabiliser à un pH de neutralité ou avoisinant la neutralité.

D'après la courbe de l'évolution du pH au cours du processus du compostage GO il paraît que le pH dans le milieu étudié varie au début et à la fin du compostage, le traitement a la première moitié à un pH avoisinant la neutralité entre 6,2 et 7,05.

Pour arriver à la deuxième moitié a une valeur entre 8.40 il est a remarqué qu'a partir de 75ème jours du compostage de la phase de maturation du compost le PH demeure presque constant cela peut s'expliquer par l'arrêt de l'activité des micro-organismes responsable de la variation du PH.

A la fin le traitement le pH se rapproche de la neutralité 7.81 comme rapporté par AVNIMELECH et al. (1996), les pH acides sont caractéristiques des composts immatures alors que les composts mûrs ont des pH compris entre 7 et 9.

I.2.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique affecte grandement la qualité des composts parce qu'elle reflète leur salinité et l'aptitude à la croissance des cultures (Gomez-Brandon et al, 2008).

La conductivité électrique des composts obtenue après 87 jours ne dépasse pas la valeur limite de 3 mS cm⁻¹, ce qui indique une matière qui pourrait être appliquées en toute sécurité sur le sol (Soumare et al, 2002).

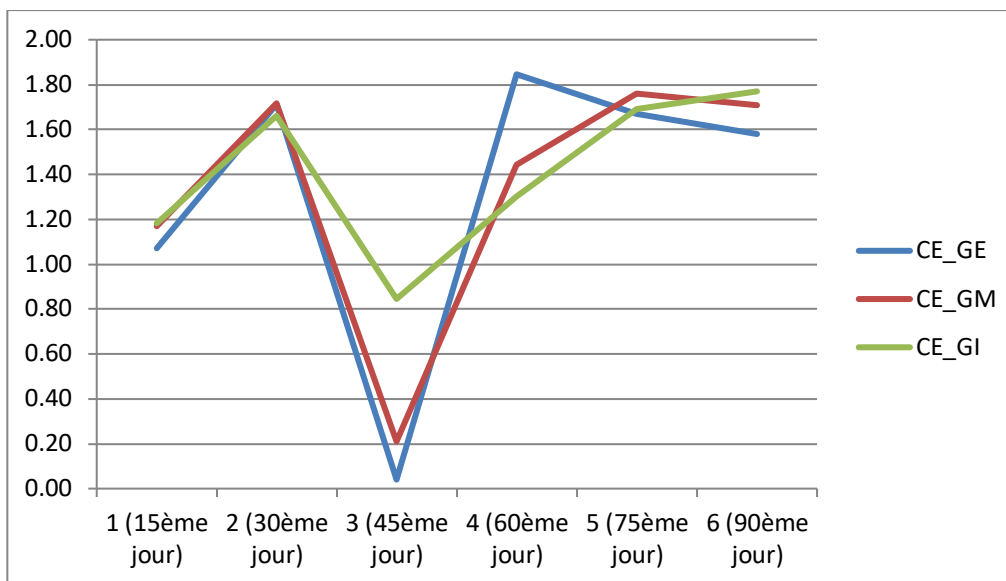


Figure 35 : Variation de la conductivité électrique dans le compost GO

L'évolution de la CE (figure 35) montre que les différents tests de premier mois partent d'une valeur entre 1.07, 1.18 et 1.18 ms/cm pour le tas GO, la salinité est fortement réduite vers le 45ème jour ce qui est probablement dû au lessivage (forte pluie), ou bien à de mauvaises conditions du compostage (pénétration de l'eau dans le composteur).

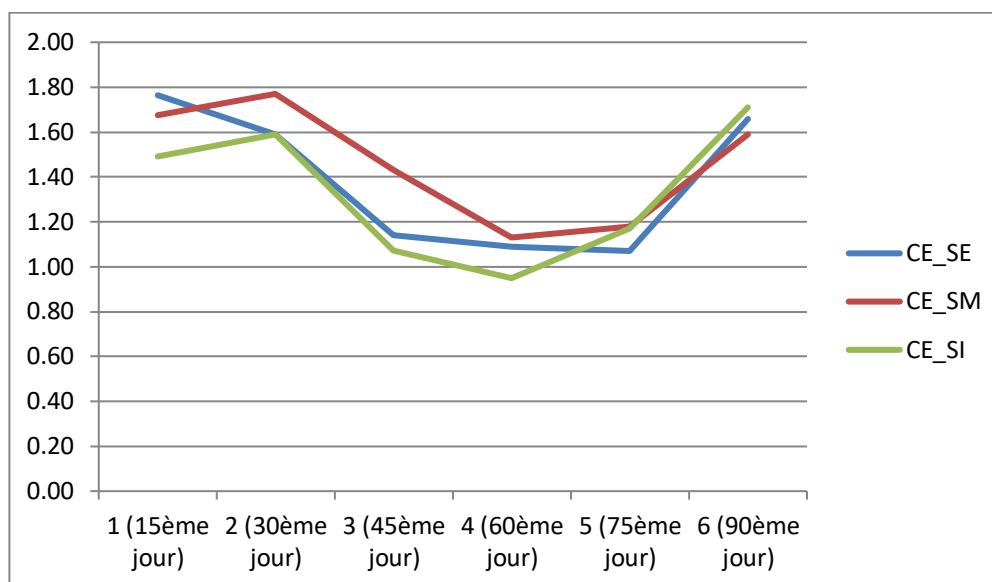


Figure 36 : Variation de la conductivité électrique dans le compost SB

La conductivité des tas de SB (figure 36) est de 1.49, 1.68 et 1.76 sur les trois niveaux. Les résultats montrent que les tas ne présentent pas de danger de salinité, mais ça reste des

valeurs assez élevée peut être réduite lors du compostage par lessivage suite aux arrosages fréquents pratiqués en vue de se rapprocher autant que possible de l'humidité optimale recherchée (50 à 60%) (M'Sadak Y. et al. 2015).

En général, on peut dire que les résultats sont acceptables pour tous les échantillons étudiés. Cependant on observe que le compost ne dépasse la valeur de la salinité 3 ms/cm utilisés de bon engrais (SOIMMARE ET AL 2003.).

I.2.4. Evolution de la teneur en MO et du carbone total des composts en fonction du temps.

Les figures 37 et 38 donnent la variation des teneurs en matière organique et en carbone total des 2 types de compost en fonction du temps de compostage.

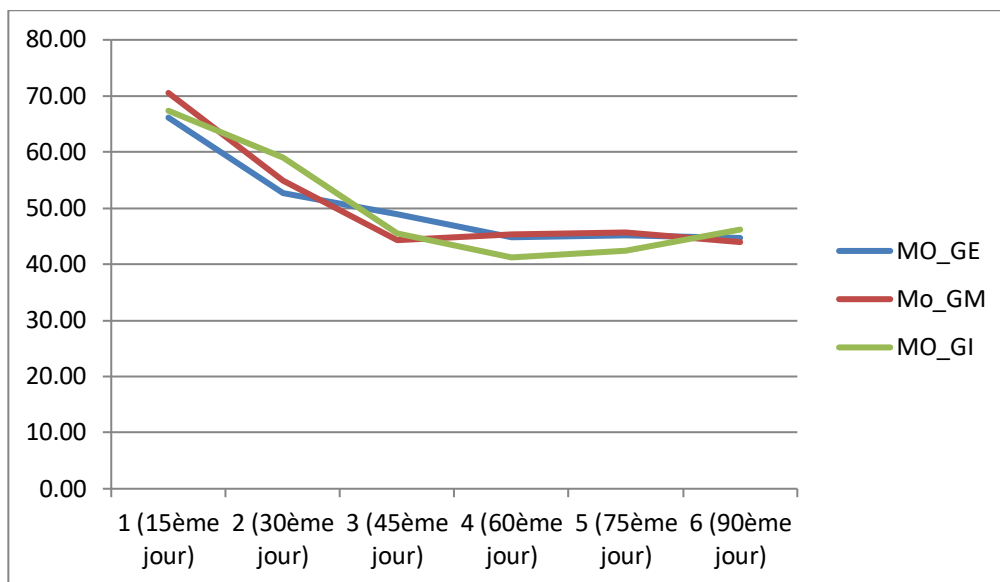


Figure 37 : Evolution de taux de MO de GO.

Les échantillons issus des différents tas de compost juste après leur mise en place, montrent que le substrat GO (grignon d'olive + déchets organique) a la plus forte teneur en MO et en carbone total sur les trois niveaux 38.46, 41.01 et 39.17 (extérieur, intérieur et le milieu).

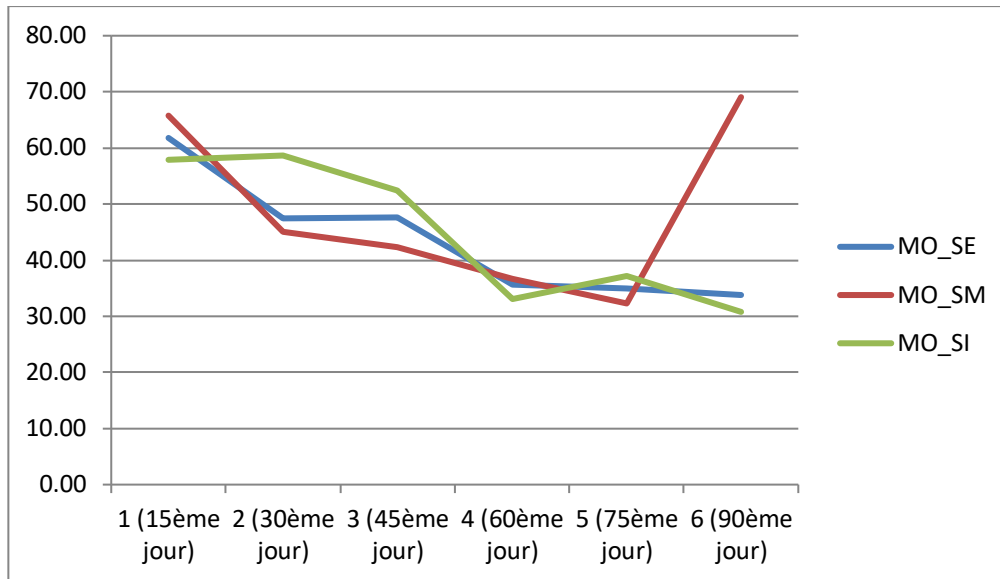


Figure 38 : Evolution de taux de MO de SB.

Le tas SB (sciure de bois + déchets organique) avait une teneur en matière organique et en carbone total respectivement de 30.78 % et 17.89%, significativement bas que les teneurs en MO et carbone total enregistrées en GO (41.22 % et 23.96 %) (Annexe 04).

Pour ce qui est de la teneur en matière organique des composts, nos résultats ont montré qu'au 15^{ème} jour d'évaluation, les substrats GO et SB étaient riches en MO, et cette forte teneur serait certainement liée à la nature des matériaux utilisés au cours du compostage. Il s'agit de l'utilisation respective de grignon d'olive comme matériaux structurants dans le tas de compost de GO par rapport à l'utilisation de la sciure du bois dans le tas de compost SB. Aussi, la décomposition du grignon d'olive serait plus rapide que celle de la sciure de bois.

Du 30^{ème} au 75^{ème} jour de compostage, il ya une légère diminution des teneurs en MO des tas de compost des différents niveaux. Cela s'expliquerait par la minéralisation de la matière organique indice montrant que le processus de compostage suit une bonne tendance. En effet, l'activité intense des micro-organismes entraînent la dégradation de la MO qui aboutit à la libération des minéraux, du CO₂ et de l'eau (Mustin, 1987).

Indifféremment du type de compost, les résultats montrent une perte en poids des tas de compost GO et SB après 90 jours de compostage correspondant à la minéralisation de la matière organique telle que expliquée plus haut.

Cependant, la minéralisation dans les tas de compost GO était moins accentuée comparativement au SB. En effet, les valeurs de la MO étaient de 44.70 % 43.96 % et 46.20 % (extérieur, milieu et intérieur) en GO tandis que SB n'avait que 33.79 %, 29.05 et % 30.78 % de M.O. Ces résultats sont similaires avec ceux obtenus par INERIS (2012) et Sall (2014)

concernant le compostage des déchets ménagers fermentescibles collectés séparément ou triés et le compostage des fruits et légumes avariés.

Le grignon d'olive est peut-être une teneur en lignine, une molécule récalcitrante à la décomposition plus élevée. En effet, la lignine est un bio-polymère difficilement biodégradable constitué d'un assemblage de trois types d'unités phénylpropanoïdes reliés entre elles par différents types de liaisons C-C, et éther oxydes. Selon cette théorie, la lignine est incomplètement utilisée par les microorganismes et son résidu devient la partie constituante de l'humus du sol (Belaïb, 2012).

I.2.5. Les teneurs en éléments minéraux

La décomposition de la matière organique dépend en grande partie de l'équilibre entre la teneur en carbone et celle en azote dans la pile en compostage donc du rapport C/N. Étant un constituant essentiel des cellules microbiennes, l'azote participe à la croissance des microorganismes et à la dégradation de la matière organique (Fortin, 1982 cité par Sall, 2014).

I.2.5.1. Evolution de la teneur en azote total

Les figures 39 et 40 donnent la variation de la teneur en azote total des différents composts en fonction du temps de compostage.

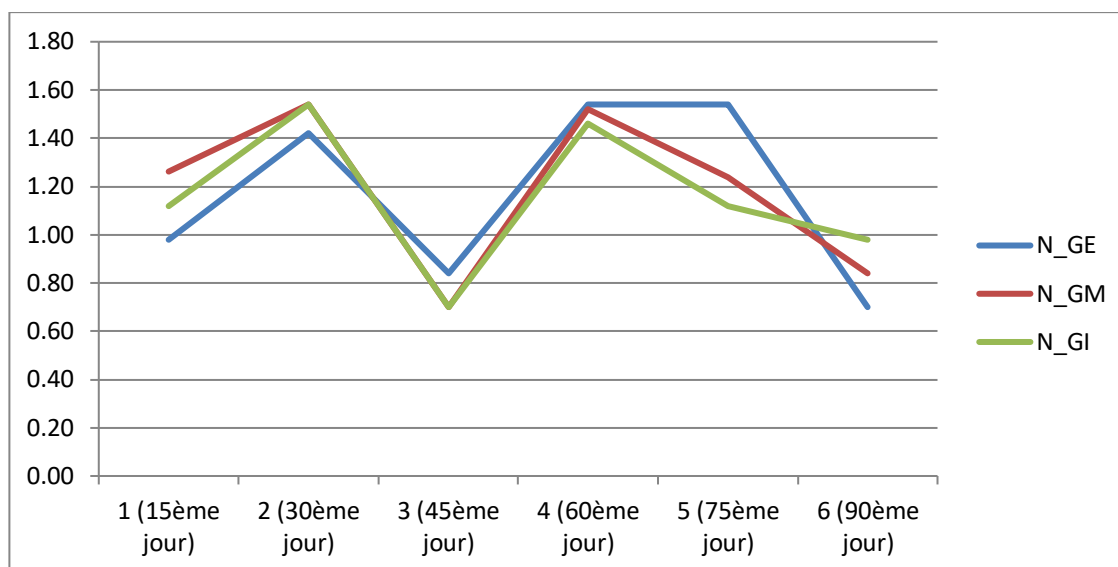


Figure 39 : Variation des taux d'azote dans GO

Les échantillons issus des différents tas de compost (Figure 39) montrent au 15 jour de l'évaluation des tas de compost, le substrat GO a la plus forte teneur en azote total sur les trois niveaux (extérieur, milieu, intérieur) respectivement de 0.98%, 1.26 % et 1.12%.

La teneur élevée en azote total pourrait être liée aux caractéristiques biochimiques du grignon d'olive utilisé.

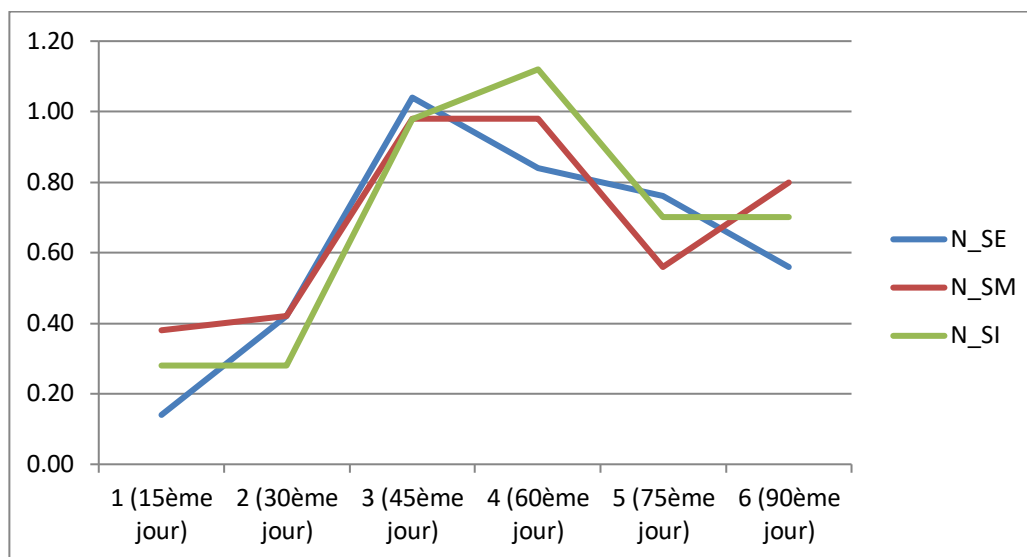


Figure 40 : Variation des taux d'azote dans SB

La courbe d'évolution de l'azote total du tas SB au cours du processus du compostage (figure 40), montre que le tas mélangé avec la sciure du bois a une teneur faible de 0.14 %, 0.38% et 0.28% sur les trois niveaux en comparant à GO. Cette faible valeur peut s'expliquer par la pauvreté de la sciure de bois en azote.

Ces résultats pourraient être expliqués par le fait que le compost structuré avec le grignon d'olive se décompose mieux que celui avec la sciure du bois.

Les teneurs en azote ont été similaires entre les points d'échantillonnage en intérieur et en extérieur pour les deux tas GO et SB. La teneur en azote dans la pile en compostage est homogène par les retournements hebdomadaires.

Sall (2014) a mentionné lors de son expérimentation sur le compostage des fruits et légumes périmés en combinaison avec la paille de soja et des écorces la production des nitrates, il se produit avec la paille plus de nitrate suite à la transformation de l'ammonium. La volatilisation de l'azote est réduite simultanément. Aussi la nitrification ayant lieu à température inférieure à 40°C, a profité au compost à base de paille contrairement au compost produit avec les écorces, donc la sciure de bois à cause de son effet structurant, va empêcher l'air de circuler suite au tassement (l'ITAB, 2001e), donc il y aura pas une bonne aération, comparant au grignon d'olive.

Les fortes teneurs en azote total des tas GO seraient probablement dues à l'apport grignon d'olive qui présente une caractéristique biochimique très intéressante.

L'azote total représente généralement des valeurs inférieures à 3% de la matière brute des composts. Lors du compostage, des pertes d'azote sont possibles, soit par lessivage des nitrates dans le cas de composts non protégés des Intempéries, soit par volatilisation d'ammoniac (NH_3) (Heynitz, 1985).

I.2.5.2. Phosphore

La figure 41 donne la variation des teneurs en phosphore (P_2O_5) des différents tas de composts en fonction du temps de compostage.

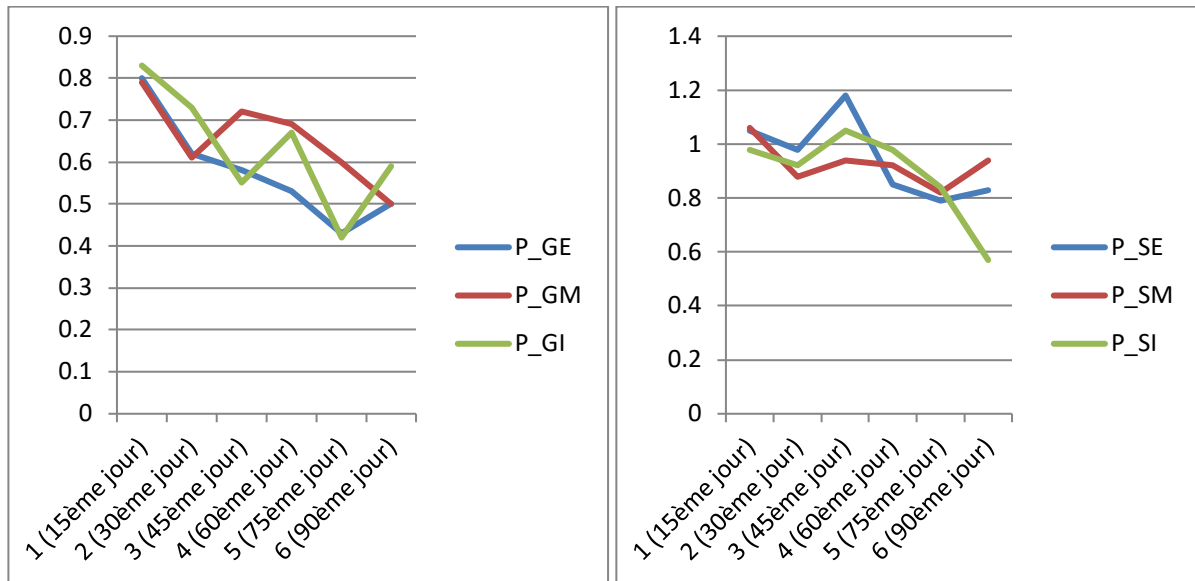


Figure 41 : la variation des teneurs en phosphore dans les tas GO et SB

Les échantillons issus des différents tas de compost SB montrent que le 1er jour de compostage est caractérisé par des variations en P_2O_5 plus forte par rapport aux tas de compost GO.

Pendant la phase thermophile, on a observé une diminution de la teneur en phosphore des composts GO et SB suite à l'activité des micro-organismes. A maturité, les teneurs en phosphore des tas de composts SB sont nettement supérieures à celles des tas de compost GO.

Le phosphore constitue un élément essentiel résultant de la décomposition de la matière organique. La teneur en phosphore diffère entre les recettes. Le compost avec la sciure du bois a une meilleure teneur en phosphore avec 1,05, 1,06 et 0,98 versus 0,8, 0,79 et 0,83 pour le grignon d'olive. Cette différence pourrait être toujours expliquée par le taux de décomposition qui est meilleur avec le compost à base de sciure du bois. Plus la matière organique est minéralisée, plus la teneur en P augmente (sall, 2014). Les teneurs en P ont été similaires dans les composts peu importe l'extérieur ou l'intérieur d'échantillonnage.

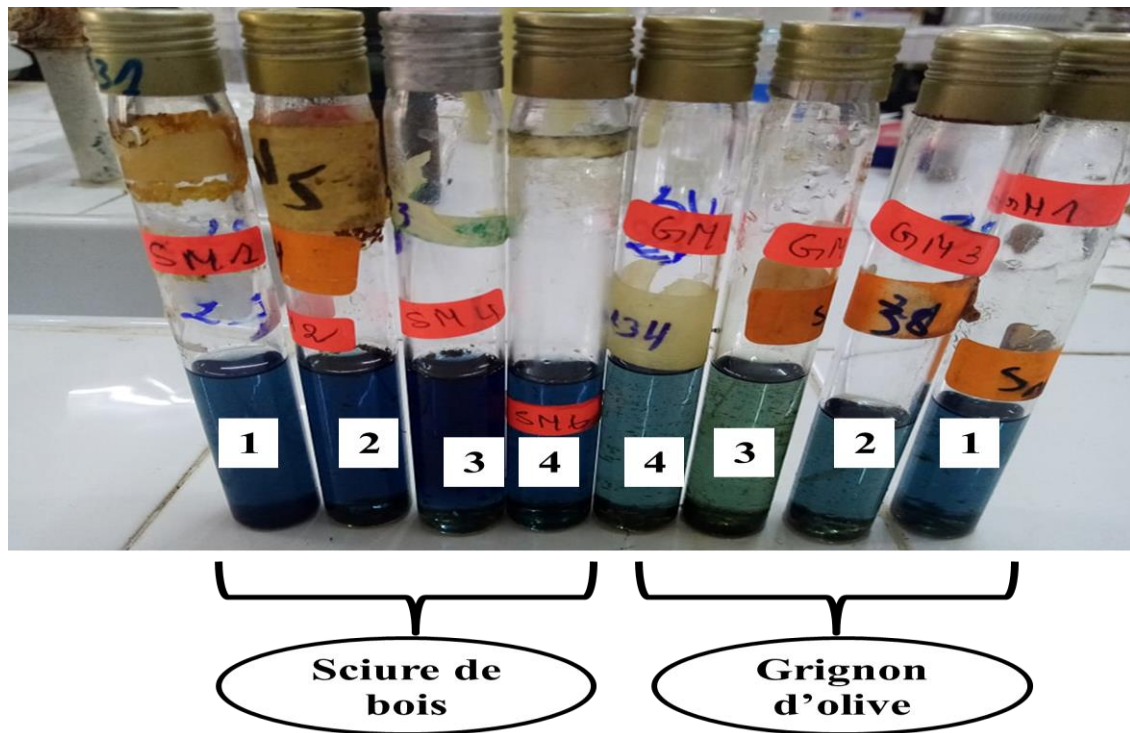


Figure 42 : contraste des couleurs dans les tubes à essai

La figure 42 nous montre les variations des couleurs de 4 prélèvements du compost. Pour le grignon d'olive on a pris 1, 3, 4 et 5ème prélèvement, concernant la sciure on a le 1, 2, 4 et le 6ème prélèvement.

La détermination de phosphore est faite en utilisant la spectrophotométrie et on obtient alors une solution de couleur bleu qui désigne la présence du phosphore (figure 42). La couleur elle est similaire au niveau de la sciure de SM1 jusqu'à SM6, contrairement au niveau du grignon elle est bleu foncé au GM1 puis elle s'éclaircit au GM5.

La faible teneur en P_2O_5 des tas de compost GO serait liée à la nature du grignon d'olive utilisés. D'ailleurs, Gagnon et Simard (1999); Gopal et Shankar (2011) cités par Sall (2014) ont démontré que la valeur nutritive en phosphore des composts frais dépendait surtout des sources de matériaux qui constituent la recette.

I.2.5.3. Le potassium

La figure 43 donne la variation de la teneur en potassium total (K₂O total) des tas de compost en fonction du temps de compostage.

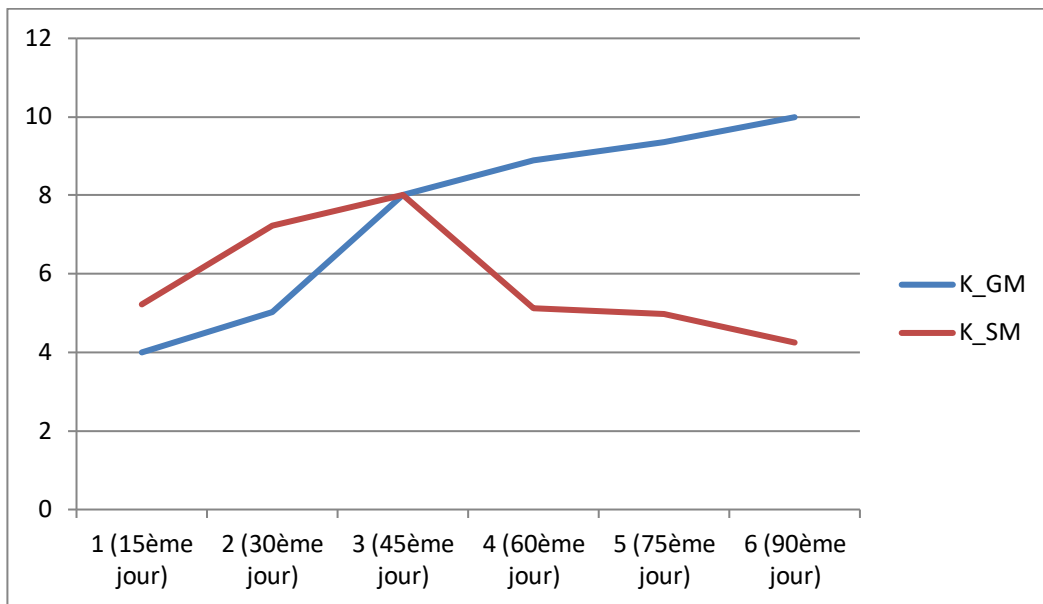


Figure 43 : variation de la teneur en potassium dans GO et SB

Un élément qui découle de la minéralisation de la matière organique reste le potassium, très présent dans les fruits et légumes.

Nos résultats ont montré au 15 jour, la teneur en K₂O total des tas de compost SB avait une teneur plus élevée par rapport aux tas de compost GO, elle peut s'expliquer par la nature des matériaux utilisés au début du compostage. A maturité, la teneur en K₂O a été nettement plus élevée dans les tas de composts GO.

D'une part, cet écart s'explique par le taux de décomposition de la matière organique qui est plus élevé avec le compost à base de SB. D'autre part, le potassium étant soluble, il est retenu davantage par la sciure qui a une meilleure capacité d'absorption hydrique. (sall, 2014).

Un compost riche en potassium permet la floraison et le développement des fruits et de tous les organes de réserve tels que les racines et les tubercules. La coloration des fleurs et des fruits est améliorée ainsi que la résistance aux maladies.

On constate que les teneurs en phosphore et en potassium des différents composts diffèrent en fonction de la composition et de traitement. Les matières minérales, en particulier le phosphore et le potassium, sont conservées dans les tas, ces matières n'étant pas volatiles.

I.2.6. Evolution du rapport Carbone/azote(C/N)

Le rapport Carbone/ Azote, est un indicateur de l'activité biologique des sols. Il renseigne sur le degré d'évolution de la matière organique, l'activité biologique et le potentiel de fourniture d'Azote par le sol (minéralisation). Plus le rapport C/N est élevé (>12), plus l'activité biologique est réduite et la minéralisation rencontre des difficultés (LCA, 2008).

GUET (2003), affirme, c'est au départ et pour des rapports C/N compris entre 25 et 40 que les micro-organismes se développent le plus vite et l'humification y est activée.

Le rapport C/N est un indicateur très utilisé dans l'étude des composts. Le C/N Diminue au cours du compostage. On considère qu'une valeur inférieure à 25 caractérise un Compost mûr, alors qu'un rapport inférieur à 20 et même 15 est préférable. Mais beaucoup D'auteurs (Gray et Biddlestone, 1976 ; Mustin 1987), coïncidèrent que la valeur du C/N d'un compost n'est pas suffisante pour déterminer sa maturité.

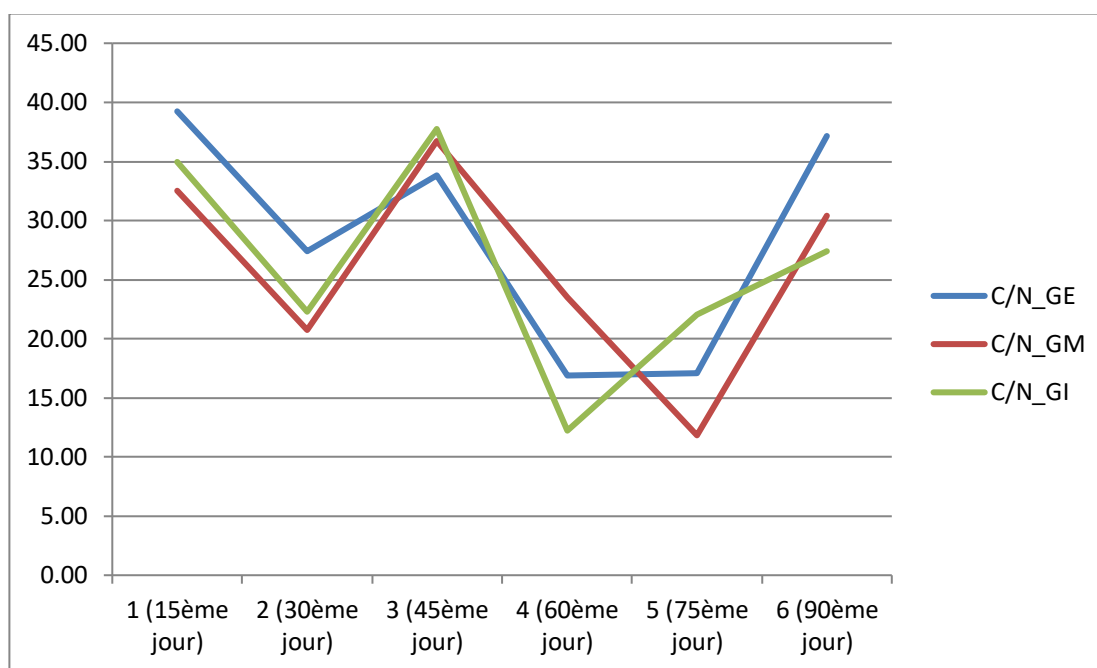


Figure 44: variations du rapport Carbone/Azote dans GO

Le rapport initial C/N des différents tas de compost GO est respectivement 39.24, 32.55 et 34,97 sur les trois niveaux (extérieur, milieu et intérieur).

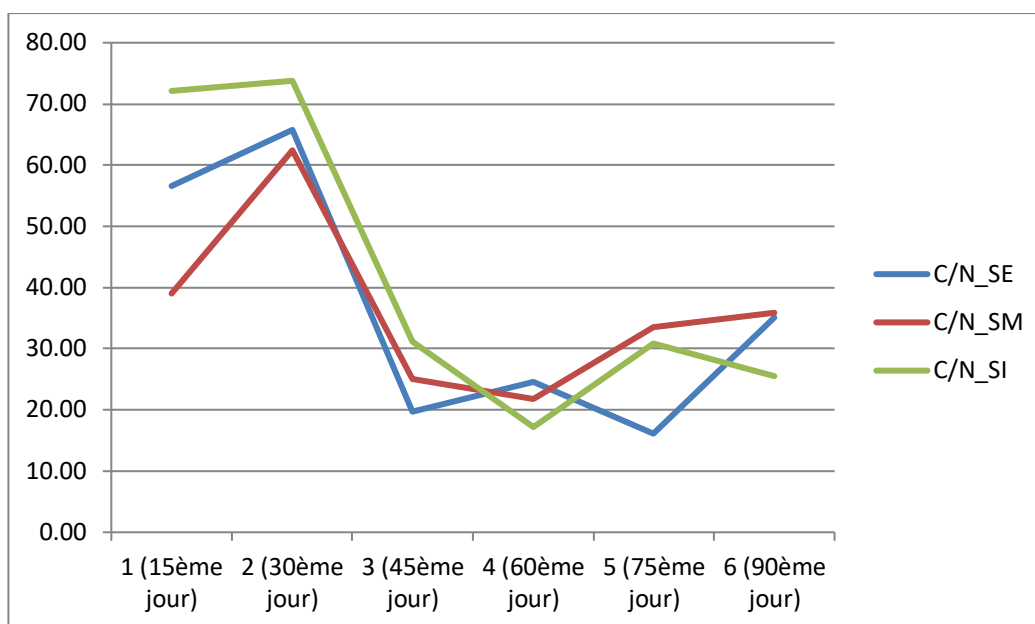


Figure 45 : variations du rapport Carbone/Azote dans SB

Au 15ème jour l'évaluation le rapport C/N est respectivement de 56.58, 39 et 72.13 pour SB sur les trois niveaux

A la phase oxydative, le rapport C/N élevé du substrat SB par rapport aux substrats GO peut s'expliquer par l'effet du retournement qui peut amener en surface certaines proportions des matériaux qui ne se sont pas encore bien décomposés au début de la phase thermophile. Le rapport C/N final des différents substrats sont respectivement 37.12, 30.42 et 27.41 respectivement sur les trois niveaux (extérieur, milieu, intérieur) pour le GO et 35.08, 35.85 et 25.57 pour la sciure de bois après 90 jours de compostage.

Cet écart du rapport C/N des tas de composts pourrait résulter du fait de la meilleure décomposition dans GO d'où une libération d'azote issue de la décomposition du substrat.

I.2.7. Calcaire total

Le calcaire total est un des composants hérités du sol. Sa présence confère au sol des caractéristiques spécifiques en termes de comportement physique, chimique et influe sur son activité biologique. Les résultats obtenus de l'analyse du calcaire total dans les différents tas sont représentés dans la figure qui suit.

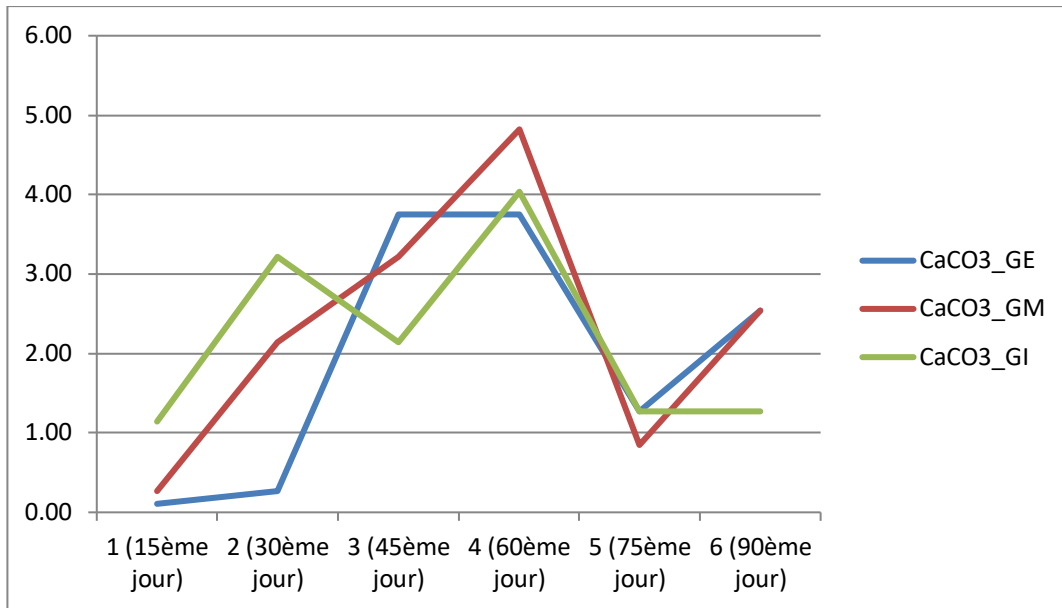


Figure 46 : Variation des taux de calcaire total dans GO

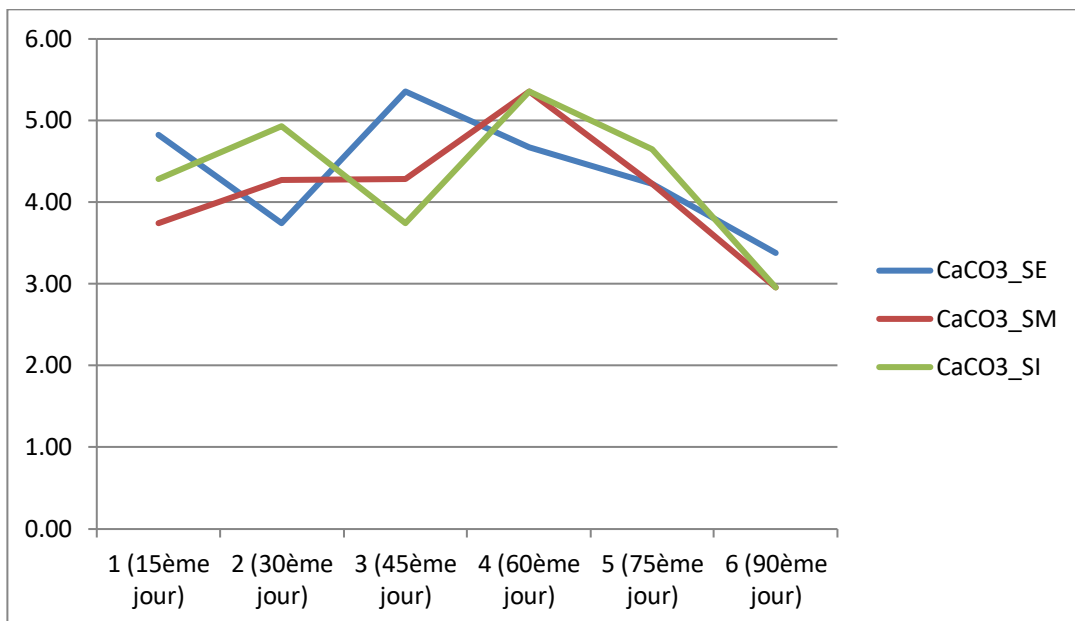


Figure 47 : Variation des taux de calcaire total dans SB

Le taux de calcaire total varie de 1.72 à 2.54 % pour le GO et de 2.96 à 3.38 % pour SB. Le calcaire il est présent avec de très petites quantités dans notre compost, et cette quantité peut être le résultat d'arrosage du tas avec l'eau calcaires, ou bien les fruits et les légumes (les épluchures) utilisés sont arrosé aussi avec l'eau calcaire, donc le compost à base du grignon d'olive et de la sciure du bois vont stimuler fortement l'activité microbienne du sol.

Grâce à son action sur l'activité microbienne, il permet aussi d'améliorer la structure du sol et d'atténuer les phénomènes de blocage (phosphore, fer, manganèse...) engendrés par le calcaire.

I.2.8. Résultats de l'identification de l'entomofaune du compost

Nous avons effectué 3 prélèvements chaque 10 jours et Après avoir récupéré les différents échantillons nous avons procédé à l'identification au laboratoire

Le tableau représente les différents groupes fauniques recensés lors du compostage.

Tableau II: Différents groupes faunistiques identifiés lors du compostage.

Numéro du prélèvement			Insectes	Larves d'insectes	Collemboles	Acariens
1^{er} prélèvement	La sciure du bois	Milieu milieu	-	+	-	-
		Milieu fond	+	-	-	-
		extérieur	-	+	-	-
		Milieu haut	+	-	+	-
		intérieur	+	-	+	+
	Le grignon d'olive	Milieu Milieu	+	-	-	-
		Milieu haut	+	-	-	-
		Milieu fond	+	-	-	-
		Extérieur	+	-	+	-
		Intérieur	+	+	-	-
2^{eme} Prélèvement	Le Grignon d'olive	Extérieur	+	-	-	-
		Milieu haut	+	-	-	-
		Milieu milieu	+	-	-	-
		Intérieur	+	-	-	+
	La sciure	Milieu fond	+	+	+	+
		Milieu haut	+	+	-	-
3^{eme} Prélèvement	Le grignon d'olive	extérieur	+	+	+	+
		intérieur	+	+	+	+
		Milieu milieu	+	+	-	-
		Milieu fond	+	+	-	-

+ : abondance - : faible abondance

Les dates du prélèvement des échantillons sont

1^{er} : 27 mars 2022

2^{ème} : 10 avril 2022

3^{eme} : 4 mai 2022

Le 1^{er} et 2^{ème} prélèvement présente les différents groupes fauniques recensés durant la phase thermophile et 3^{ème} prélèvement durant la phase de refroidissement au bout de 40^{ème} jour de compostage.

Pour les insectes, larves d'insectes et les collemboles, nous remarquons qu'ils sont les plus dominants dans tous les échantillons, suivis par les acariens qui présentent une faible abondance

D'après le tableau 02, nous constatons que les groupes : larves d'insectes, et insectes sont présents dans les deux phases thermophiles et refroidissement cela serait dû aux conditions favorables du milieu telle que : la nourriture qui est assurée par l'ajout des déchets organiques, l'air qui se renouvèle suite aux retournements du compost et enfin l'humidité qui est assurée par l'arrosage.

Les collemboles et les acariens effectuent un travail de l'ombre indispensable à la qualité des sols, ils sont utiles à la décomposition des matières organique cela signifie leur faible abondance dans les différentes profondeurs du milieu.

Comparons les résultats de la présente étude à ceux de Chellah (2018) et haouchi (2020) nous remarquons qu'il y a une différence des groupes fauniques recensés, sauf que les deux groupes acariens et collemboles qui sont présents dans les deux travaux.

I.2.9. Classification des composts et leurs comparaisons aux normes internationales

Les caractéristiques chimiques des différents composts produits respectent la norme NFU44 051 d'Avril 2006 cité par (INERIS, 2012) selon laquelle les teneurs idéales en élément d'un compost qui doit être considéré comme un amendement organiques ont : MO \geq 20 %, N total < 3 %, P₂O₅ < 3 %, C/N > 8 et la somme des éléments fertilisants (l'azote total, du P₂O₅ et du K₂O < 7 %), Les composts produits sont riches en éléments minéraux. Ces résultats sont conformes aux normes internationales (AFNOR) d'appréciation des résultats d'analyses chimiques qui fixent pour les amendements organiques qualifiés de très riches, les teneurs en éléments fertilisants suivants : MO > 5 %, P₂O₅ total > 0,3 % et l'azote total > 0,25 %. Les composts obtenus sont riches en éléments minéraux (N, P, et K). Leur caractère fertilisant leur permet de fournir des éléments pour les plantes, mais leur principal effet est qu'en tant qu'amendement organique ils agissent sur la stabilité physique, biologique et chimique des sols (Bertoldi et al., 1983 cité par Znaïdi, 2002).



Conclusion

Conclusion

En agriculture, la pratique du compostage et l'utilisation de composts ont des implications environnementales, agronomiques et économiques. Il s'agit d'une problématique qui concerne l'ensemble des pays, pour lesquels le maintien ou la restauration de la fertilité des sols, est indispensable pour la sécurité alimentaire des populations dans le cadre d'un développement durable.

L'objectif général de notre travail, qu'on a réalisé à la cité universitaire Hasanaoua 2 (Tizi-ouzou) durant 87 jours (mars-juin), était d'évaluer les paramètres physico-chimiques des déchets organiques avec deux apports de carbone, grignon d'olive et de la sciure du bois, en vue de contribuer à une meilleure valorisation de ces déchets d'une part et de résoudre les contraintes des nuisances que ces produits posaient dans l'environnement des unités de transformation d'autre part.

Dans cette étude nous avons suivi l'évolution du compostage en fonction du temps à l'aide d'un ensemble de méthodes physico-chimiques. Ces méthodes ont confirmé l'existence de deux phases: une phase bio-oxydante suivie d'une phase de maturation.

A partir des résultats trouvés, nous avons observés de brusques diminutions des paramètres MO et de C/N en début de compostage, ces diminutions ont montré une forte minéralisation des matières organiques durant le compostage. Celle-ci a été confirmée par les activités biologiques dans les déchets.

La minéralisation a été stabilisée après trois mois de bio-dégradation, à des valeurs 33.79, 69.05 et 30.78% de matière organique pour Sb respectivement sur les trois niveaux (extérieur, milieu, intérieur) pour SB (les déchets organiques + sciure du bois) et de 44.70, 43.96 et 46.20 (extérieur, milieu, intérieur) pour GO (déchets organiques + Grignon d'olive) et des rapports C/N de 37.12, 30.42 et 27.41 pour GO et 35.08, 35.85 et 25.57 respectivement sur les trois niveaux.

De même, le pH a atteint 8.1 et 7.4 respectivement pour SB et GO, grâce à la minéralisation de la matière organique. Les analyses des métaux présentes des valeurs acceptables pour une utilisation agricole de nos composts.

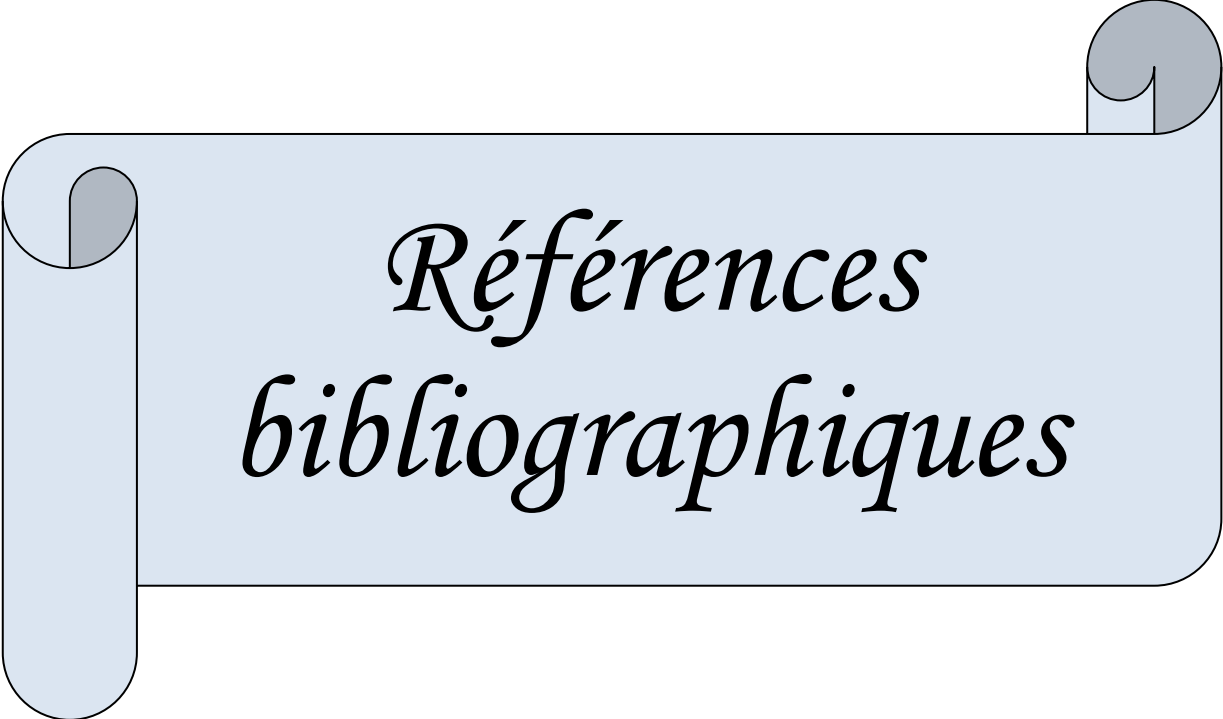
Les dénombrements microbiens ont montré que la première période du compostage est dominée par une microflore bactérienne grâce à la disponibilité des nutriments et des bonnes

conditions qui favorise leur apparition. En effet, les valeurs de l'azote sont respectivement égales à 0.80 et 0.84% pour SB et GO.

Cette étude ne constitue qu'un bref aperçu de base sur le compostage permettant en parallèle avec d'autres analyses et d'autres méthodes de suivre l'évolution de l'état des différents types de compost, de trouver les solutions nécessaires pour remédier à la situation dans laquelle se trouvent actuellement nos agroécosystèmes qui sont menacés par l'utilisation abusive des fertilisants chimiques.

Comme perspective nous pouvons proposer afin de compléter ce travail de :

- Mesurer l'humidité juste après le prélèvement des échantillons pour un bon déroulement du processus de compostage
- Déterminer les teneurs en oligo-éléments (Ca et Mg).
- La détermination des ETM
- Reconduire la production du compost en faisant varier la proportion des différents matériaux utilisés afin d'avoir un bon rapport C/N favorable au développement des micro-organismes et pour éviter l'apparition des conditions anaérobies.
- Un broyage de la sciure de bois est nécessaire pour faciliter une meilleure décomposition des substrats pendant le compostage et avoir un compost de bonne qualité.
- Une analyse chimique approfondie et des analyses microbiologiques des composts contribueront à mieux connaître leurs valeurs agronomiques.



*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

ADAFER K. (2018). Caractérisation physico chimique des acides humique et acides fulviques de co-compost de sous produit oléicole. Mémoire de master. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 24p

Alain Damien, guide du traitement des déchets, DUNOD, 4ème édition, Paris, 2006,

Anonyme. (2016). GUIDE DE GESTION DES DÉCHETS DU RÉSEAU DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX

Anonyme. (2021). Gestion des déchets organiques en Algérie Analyse sectorielle et opportunités d'affaires.

Arnaud P. (2012) .Modélisation du procédé de compostage – Impact du phénomène du séchage

Atalaèso B., (2017). Traitement de déchets ménagers par co-compostage avec la légumineuse *Cassia occidentalis* L. et quelques adjuvants de proximité pour améliorer la qualité agronomique de composts.

BALLET Jean-Michel. Aide-mémoire gestion des déchets. 2ème édition. Paris DUNOD 2008.

BELAÏB. A., 2012. ETUDE DE LA GESTION ET DE LA VALORISATION PAR COMPOSTAGE DES DECHETS ORGANIQUES GENERES PAR LE RESTAURANT UNIVERSITAIRE AICHA OUM ELMOUMININE (WILLAYA DE CONSTANTINE). Mémoire de magister. Université de Mentouri Constantine. Algérie.

BeliefertL.(2001). Chimie de l'environnement. 2eme édition de Boeck. P172.

BICABA L., 2017 Evaluation des paramètres physico-chimiques des composts à base des résidus de mangue dans le village de samagan, Bobo- Dioulasso (Burkina Faso). Mémoire de master.

BOUKHTACHE N., 2016 Valorisation des déchets ménagers et assimilés dans la région d'Oued Souf. Mémoire de master. UNIVERSITE ECHAHIDHAMMA LAKHDAR EL OUED.

BOUKHARI H., BELMILOUD K., 2019. Etude et Valorisation du Fumier Ovin par Compostage. Mémoire de master. UNIVERSITE ABDEL-HAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM. Algérie.

BROMBET H., et SOMAROO, G., (2015). Les techniques de compostage de déchets d'origine naturelle en Afrique et dans les Caraïbes. Plateforme Ressources. Burkina Faso, 12p.

Canet R. et Pomares F., 1995. "Changes in physical, chemical and physicochemical parameters during the composting of municipal solid waste in two plants in Valencia" Bioresource Technology 51 : 259-264.

Cédric Francou ., 2004. STABILISATION DE LA MATIERE ORGANIQUE AU COURS DU COMPOSTAGE DE DECHETS URBAINS : Influence de la nature des déchets et du procédé.

Charnay F., 2005. Compostage des déchets dans les pays en développement: élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de doctorat, université de Limoge (France), 448 p.

CHELLAH S., DEHESSI S., 2018. Essais de compostage et formation théorique et pratique de personnes en situation de handicap mental à la technique. Mémoire de master. Université mouloud mammeri TIZI-OUZOU. Algérie.

CHENNAOUI M., al ., 2016 COMPOSTAGE EN CUVE DES DECHETS MENAGERS ET VALORISATION AGRICOLE DU COMPOST OBTENU.

CUMMINGS D. 2014. The organic Composting Handbook: Techniques for a Healthy. Abundant Garden. New York. Ed. SkyhorsePublishing.

Damien A. (2004) ; « Guide du traitement des déchets », Dunoud, Paris, p98

DESACHY C., 2001- Les déchets : sensibilisation à une gestion écologique. Ed. TEC&DOC. Paris.

Gérald et Schaud, 2011, « La fertilité des sols : l'importance de la matière organique »

Halberg N. (1999). Indicators of resources use and environmental impact for use in a decision aid for Danish livestock farmers. Cité par ITAB (2001). Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001 .

- HANAFI B., BENAOUA H., 2019.** Etude Et Evaluation Des Différents Matières Organiques par compostage. Mémoire de master. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. Algérie.
- Haug R. T., 1993.**The practical handbook of compost engineering. Lewis publishers, 752p
- ISSAOUENE D., YAHIYAOUI T., 2016** Co-compostage des grignons d'olives et de boues d'épuration : Approche expérimentale pour une production durable de compost. Mémoire de master. Université mouloud mammeritizi-ouzou
- ITAB (2001e).** Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001 p112.
- ITAB (2001f).** Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001 p115-119.
- KERRACHE R., KOURTA R., 2019.** Etude de certains paramètres physico-chimiques du déchet oléicole après traitement biologique par *Aspergillus*. mémoiredemaster. Université des Frères Mentouri Constantine. Algérie.
- LEBEAULT J.M. et BERNON M. 1992.** Les biotechnologies appliquées au traitement des déchets en Europe et aux Etats Unies de l'Amérique. état de l'art. 420p.
- Le Houérou B. (1993).** Les dépôts de fumiers au champs : pertes en azote par percolation des jus sous les tas. In Uget 13, Dossier Ruralité Environnement Développement. Luxembourg , 18 novembre 1992. P 73-83.
- MECIEL L., MESSIOURI Z 2020.** VALORISATION DES DECHETS DOMESTIQUES (COMPOSTAGE). Mémoire de master. UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADj- BOUIRA. Algérie
- MICHAUD L., (2007).** Tout sur le compost : le connaitre, le faire et l'utiliser. Quebec :LithoChic, 212 p.
- MISRA R.V., ROY R.N. et HIRAOKA H. 2005.** Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole, Rome, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. 51p.
- Mustin M, 1987,** « Le Compost, gestion de la matière organique ».F.Dubuse
- OUALI I., MAHIOUT T., 2019.** Évaluation de la gestion des déchets au niveau du restaurant la résidence universitaire Hasnaoua 2 et essai de valorisation des biodéchets par compostage. Mémoire de master. Université mouloud mammeri TIZI-OUZOU. Algerie.

OuténdéToundou Evaluation des caractéristiques chimiques et agronomiques de cinq composts de déchets et étude de leurs effets sur les propriétés chimiques du sol

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. 230p

RICHE D., SERKHANE L., 2020. Extraction et caractérisation des substances humiques du compost de déchets ménagers. Effet de l'apport carboné. Mémoire de master. Université mouloud mammeri TIZI-OUZOU. Algérie.

Sanchez-Monedero M. A., Roig A., Paredes C. et Bernal M. P., 2001."Nitrogen Transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, Ec and maturity of the composting mixtures".

Sall P. M., 2014. Étude du compost et du lixiviat obtenus par co-compostage des résidus agroalimentaires à la ferme. Mémoire de Maîtrise en biologie végétale. Maître ès sciences (M. Sc.).Université de LAVAL Québec, Canada.125P.

Samira Ben Ammar Les enjeux de la caractérisation des déchets ménagers pour le choix des traitements adaptés dans les pays en développement : résultats de la caractérisation dans le grand Tunis mise au point d'une méthode adaptée

SLIMANI R., al, 2022. Caractérisation des déchets ménagers et assimilés dans deux résidences universitaires : Ex-Habitat et Hasnaoua 2 (Tizi-Ouzou, Algérie) et essais de compostage des biodéchets

SLIMANI R. et CHEMIM F., (2018). Gestion des déchets dans la résidence universitaire Ex-Habitat et essai de valorisation des bio-déchets par compostage. Mémoire de master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Algérie, 62 p.

SMEESTER. E., 1993. Le compostage domestique : comment transformer vos déchets organiques en mine d'or pour le jardin. Ed : Versicolores INC, bibliothèque nationale du Québec. 44p

Vorburger, 2006 Ecologie industrielle et valorisation des déchets

Yefsah F., 2017. Contribution au traitement des déchets ménagers par le compostage. Mémoire de master. UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU. Algérie.

ZNAÏDI I., 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. Master. Tunisie.

WEBOGRAPHIE

<https://www.liberte-algerie.com/economie/d-enormes-insuffisances-a-combler-360581>

www.composteinfo

<http://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2016/tizi-ouzou/valeurs>

<http://www.infoclimat.fr/observations->

<https://paca.chambres-agriculture.fr>

<https://www.asjp.cerist.dz>

Référence réglementaire

Loi N°01-19 du 12 décembre 2001, journal officiel Algérie.



Annexes

Annexe 01 : mesure de températures et pH durant tout le processus

Date	T° amb	Tas mélangé avec la sciure de bois		Tas mélangé avec le grignon		NB:
		T° avt brassage	pH	T° avt brassage	pH	
/	/					
17/03/2022	15	24	6.5	25	6.5	
20/03/2022	14	30	5.5	45	5	
21/03/2022	15	40	6.5	45	5.5	
23/03/2022	15	49	5	40	5	
27/03/2022	19	25	-	28	-	
28/03/2022	15	26	-	28	-	
03/04/2022	28	24	-	43	-	Prélèvement
14/4/2022	21	21	6.5	50	4.5	
17/04/2022	36	22	-	46	-	Prélèvement
21/04/2022	13	23	7	43	5	
25/04/2022	23	25	-	35	-	
28/04/2022	18	22	-	41	-	
04/05/2022	23	24	-	35	-	Prélèvement
11/05/2022	20	22	-	25	-	
16/05/2022	22	30	-	37	-	
19/05/2022	30	25	-	35	-	Prélèvement
23/05/2022	35	28	-	37	-	
01/06/2022	27	28	-	32	-	
12/06/2022	30	25	-	30	-	Prélèvement

Annexe 02 : mesure du pH

compost	pH_GE	pH_GM	pH_GI	pH_SE	pH_SM	pH_SI
1 (15 ^{ème} jr)	7.05	6.2	6.38	8.15	8.2	8.15
2 (30 ^{ème} jr)	7.42	7.13	7.52	7.71	7.88	7.87
3 (45 ^{ème} jr)	8.21	7.67	7.43	8.4	8.27	8.21
4 (60 ^{ème} jr)	8.35	8.4	8.34	8.35	8.31	8.22
5 (75 ^{ème} jr)	7.1	7.5	7.3	7.6	7.5	7.3
6 (90 ^{ème} jr)	7.4	6.7	6.9	8	7.4	8.1

Annexe 03 : mesure de la conductivité électrique (CE) ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

compost	CE_GE	CE_GM	CE_GI	CE_SE	CE_SM	CE_SI
1 (15 ^{ème} jour)	1.07	1.17	1.18	1.76	1.68	1.49
2 (30 ^{ème} jour)	1.71	1.72	1.66	1.59	1.77	1.59
3 (45 ^{ème} jour)	0.04	0.21	0.85	1.14	1.43	1.07
4 (60 ^{ème} jour)	1.85	1.44	1.30	1.09	1.13	0.95
5 (75 ^{ème} jour)	1.67	1.76	1.69	1.07	1.18	1.17
6 (90 ^{ème} jour)	1.58	1.71	1.77	1.66	1.59	1.71

Annexe 04 : résultats du carbone organique (%)

compost	CO_GE	CO_GM	CO_GI	CO_SE	CO_SM	CO_SI
1 (15 ^{ème} jr)	38.46	41.01	39.17	35.92	38.22	33.64
2 (30 ^{ème} jr)	30.68	31.92	34.32	27.62	26.22	34.10
3 (45 ^{ème} jr)	28.44	25.71	26.42	27.65	24.58	30.51
4 (60 ^{ème} jr)	26.02	26.32	23.97	20.69	21.34	19.25
5 (75 ^{ème} jr)	26.30	26.50	24.65	20.31	18.77	21.57
6 (90 ^{ème} jr)	25.99	25.56	26.86	19.64	40.15	17.90

Annexe 05 : résultats de la matière organique (%)

Compost	MO_G	Mo_G	MO_G	MO_S	MO_S	MO_S
	E	M	I	E	M	I
1 (15 ^{ème} jour)	66.14	70.54	67.37	61.79	65.73	57.85
2 (30 ^{ème} jour)	52.76	54.91	59.02	47.51	45.09	58.65
3 (45 ^{ème} jour)	48.91	44.22	45.45	47.55	42.27	52.48
4 (60 ^{ème} jour)	44.75	45.27	41.23	35.59	36.71	33.11
5 (75 ^{ème} jour)	45.23	45.59	42.40	34.94	32.28	37.10
6 (90 ^{ème} jour)	44.70	43.96	46.20	33.79	69.05	30.78

Annexe 06: résultats e l'azote total (%)

compost	N_GE	N_GM	N_GI	N_SE	N_SM	N_SI
1 (15 ^{ème} jour)	0.98	1.26	1.12	0.14	0.38	0.28
2 (30 ^{ème} jour)	1.42	1.54	1.54	0.42	0.42	0.28
3 (45 ^{ème} jour)	0.84	0.70	0.70	1.04	0.98	0.98
4 (60 ^{ème} jour)	1.54	1.52	1.46	0.84	0.98	1.12
5 (75 ^{ème} jour)	1.54	1.24	1.12	0.76	0.56	0.70
6 (90 ^{ème} jour)	0.70	0.84	0.98	0.56	0.80	0.70

Annexe 07: résultats du phosphore assimilable

Compost	P_GE	P_GM	P_GI	P_SE	P_SM	P_SI
1 (15 ^{ème} jour)	0.8	0.79	0.83	1.05	1.06	0.98
2 (30 ^{ème} jour)	0.62	0.61	0.73	0.98	0.88	0.92
3 (45 ^{ème} jour)	0.58	0.72	0.55	1.18	0.94	1.05
4 (60 ^{ème} jour)	0.53	0.69	0.67	0.85	0.92	0.98
5 (75 ^{ème} jour)	0.43	0.6	0.42	0.79	0.82	0.84
6 (90 ^{ème} jour)	0.5	0.5	0.59	0.83	0.94	0.57

Annexe 08: résultats du potassium total

compost	K_GM	K_SM
1 (15 ^{ème} jour)	4.001	5.231
2 (30 ^{ème} jour)	5.024	7.234
3 (45 ^{ème} jour)	8.002	8.012
4 (60 ^{ème} jour)	8.891	5.124
5 (75 ^{ème} jour)	9.361	4.984
6 (90 ^{ème} jour)	9.992	4.252

Annexe 09: rapport carbone/ azote (C/N)

compost	C/N_G	C/N_G	C/N_G	C/N_S	C/N_S	C/N_S
	E	M	I	E	M	I
1 (15 ^{ème} jour)	39.24	32.55	34.97	56.58	39.00	72.13
2 (30 ^{ème} jour)	27.39	20.73	22.28	65.76	62.42	73.78
3 (45 ^{ème} jour)	33.85	36.73	37.75	19.75	25.08	31.13
4 (60 ^{ème} jour)	16.89	23.50	12.23	24.63	21.78	17.19
5 (75 ^{ème} jour)	17.08	11.83	22.01	16.12	33.52	30.81
6 (90 ^{ème} jour)	37.12	30.42	27.41	35.08	35.85	25.57

Annexe 10: résultats du calcaire total (%)

compost	CaCO3_GE	CaCO3_GM	CaCO3_GI	CaCO3_SE	CaCO3_SM	CaCO3_SI
1 (15 ^{ème} jour)	0.11	0.27	1.14	4.82	3.75	4.29
2 (30 ^{ème} jour)	0.27	2.14	3.21	3.75	4.27	4.93
3 (45 ^{ème} jour)	3.75	3.21	2.14	5.36	4.29	3.75
4 (60 ^{ème} jour)	3.75	4.82	4.04	4.68	5.36	5.36
5 (75 ^{ème} jour)	1.27	0.85	1.27	4.23	4.23	4.65
6 (90 ^{ème} jour)	2.54	2.54	1.27	3.38	2.96	2.96

Annexe 11: Les journées du prélèvement pour le suivi de la diversité du macrofaune.

1^{er} : 27 mars 2022

2^{ème} : 10 avril 2022

3^{ème} : 21 avril 2022

4^{ème} : 4 mai 2022

5^{ème} : 15 mai 2022

Annexe 12: Les journées du prélèvement pour le suivi des paramètres physico-chimique

1^{er} : 03 avril 2022

2^{ème} : 17 avril 2022

3^{ème} : 4 mai 2022

4^{ème} : 19 mai 2022

5^{ème} : 23 mai 2022

6^{ème} : 12 juin 2022