



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme de

(MASTER EN AGRONOMIE)

*Spécialité : Gestion conservatoire de l'eau, des sols et de
L'environnement*

THEME

**Etude Et Evaluation Des Différents Matières
Organiques par compostage**

Présenté par :

HANAFI Bouabdellah

BENAOULA Houari

DEVENT LE JURY

Président	<i>M. HADAD Ahmed</i>	<i>Professeur</i>	<i>U Mostaganem</i>
Encadreur	<i>M. REGUIEG YASSAAD Larbi</i>	<i>MAA</i>	<i>U Mostaganem</i>
Co encadreur	<i>M. SACI Belgat</i>	<i>MCB</i>	<i>U Mostaganem</i>
Examineur	<i>M. BESSAFI Laid</i>	<i>MAA</i>	<i>U Mostaganem</i>

Année universitaire : 2018-2019

Remerciement

Nous tenons à remercier en premier lieu dieu le tout puissant de avoir donné courage et santé pour achever ce travail.

Un grand remerciement à notre promoteur Mr RGUIEG YASSAD LARBI Pour ses valeureux conseils, ses orientations qui ont beaucoup enrichi ce travail, et à Mr SACI BELGAT d'être mon notre Co-promoteur et de son attention et ses conseils, m'ont permis durant la réalisation de ce travail d'acquérir une autonomie dans la recherche.

Que nos vifs remerciements aillent à Mr HADED qui nous fait l'honneur de présider, et ses précieux conseils concernant notre travail. L'honorable jury, et Mr BESSAFI A. et Mr HARTANI S. pour avoir D'examiner ce travail.

Je remercie Mlle responsable de laboratoire de pédologie et sa mise à disposition les moyens et le matériel nécessaire pour faire les analyses du compost.

Un grand remerciement a notre amie Mr BENAOUA HOUARI Enfin, nos remerciements s'adressent à tous les enseignants et à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

إلى أمي وأبي رحمة الله تعالى عليهم

A ma chère femme et mes fils Ahmed Et Youcef

A

*Mes chères Frères Et Ces Fils (mohamed, Lalloucha, Hadjar) Et ma
sœur et Ces Fils (Larbi, Haytham, Oumayma)*

A

Mes amis(es) d'hier, d'aujourd'hui

A

Mes Collègues Bouabdallah Hanafi Et Ramli Bakhaled

A

Tous mes enseignants

A

*La promotion 2018-2019 des Sciences Agronomiques, Faculté des
Sciences de la nature Et de vie, Université Abdelhamid Ben Badis*

Mostaganem

A qui m'aide

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

*-Mes très chers parents, dont ce travail constitue une légère compensation pour
tous leurs*

*Nobles sacrifices afin d'assurer mon bien être et mon éducation, Que Dieu les
protège et les*

Gardent en bonne santé ;

-Mon grand-père, que dieu le garde et lui accorde santé et bonheur

*-La mémoire de mes défuntes grand-mères que dieu les accueille dans son vaste
Paradis*

-Mes chers frères : SADDEK, MOURAD ET NASRO

-Ma adorables sœur

-Toutes mes tantes, mes oncles. Leurs maris, femmes et enfants

-Toutes la famille HANAFAI et GRIBAI

*-Mes chers cousins, et tous mes amis : BEKHALED RAMLI, YOUSEF, HICGHEM,
YASIN, WALID, OUSSAMA, ANASE, ILYESS, TADJ EDDINE, YASIN DENDANE,
YASIN, YOUSEF FGHOUL, SAMIR, HADDJI, AZEDDINE MOUHAMED ADJEL,
BABICHE, TAYEBOUCHE, KAMEL, KADER, HICHEM, ABDERRZAK, KARIM,
HOUWARI, AMIN MADANI*

-A ma très chère collègue : MOUNIRA HOURIA KARIMA AKILA ZAHRA

Toutes les filles de ma promotion GCSEE

, ensemble nous avons pu faire et achever ce travail

*Nous avons partagé d'agréables moments tout au long de notre cursus
universitaire, ainsi que*

Ses familles

-Tous mes collègues de la promotion M2 S.N.V

Dédicaces
Remerciements
Liste des figures
Liste des photos
Liste des tableaux

SOMMAIRE

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

CHAPITRE I

LES DECHETS ORGANIQUES

I.Généralités :	3
I.1. Définition des déchets :.....	3
I.2 Déchet organique :	3
I.2.1 Les déchets ménagers.....	3
I.2.2 Déchets verts :	4

CHAPITRE II

GENERALITES SUR LE COMPOSTAGE

II.1. Définition du compostage	6
II .2. Historique :	7
II.3. Objectifs du compostage	7
II.4. Les organismes décomposeurs ;	7
II .4.1. Les micro-organismes	7
II .4.1.2. Les champignons :.....	8
II .4.1.3. Les actinomycètes :	8
II .4.1.4. Les macro -organismes.....	8
II .5. Paramètres du compostage :	9
II .5. 1. PH	9
II.5.3. Teneur en humidité :	12
II.5.4. Apport d'oxygène :	12
II.5.5. Granulométrie :	13
II.5.6. Teneurs en matière organique et en carbone organique :	14

II.5.7. Teneur en azote :.....	14
II.5.7.1. Teneurs des composts de déchets verts :.....	15
II.6. Les quatre phases du compostage :.....	15
II.7. Les avantages du compost:.....	18
II.7.1. Amélioration de la croissance des végétaux et racines:.....	18
II.7.2. Amélioration du rythme de diffusion des nutriments :.....	18
II.7.3. Amélioration de la porosité du sol :.....	18
II.7.4. Amélioration de la capacité de rétention d'eau :.....	19
II.7.5. Elimination des maladies chez les végétaux :.....	19
II.7.6. Effet sur la structure du sol :.....	19
II.8. L'évaluation d'un compost mur :.....	20
II.8.1. Le compost :.....	20
II.9. L'effet du compost sur sol et les plantes :.....	21
II.10. Conditions réglementaires de l'utilisation des composts en agriculture :.....	22
II.11. Valorisation agronomique des composts par apport d'éléments fertilisants:.....	22
II.11.2. Phosphore (P):.....	23
II.11.3. Potassium (K):.....	24
II.12. Maturité des Composts :.....	25
II.12.1 Qu'est-ce que la maturité d'un compost :.....	25
II.12.2. Critères d'évaluation de la maturité d'un compost :.....	25
II.12.2.1. Stabilité biologique de la matière organique, une condition nécessaire de maturité:.....	25
II.12.2.3. Indicateurs basés sur l'évolution physique, chimique et biologique des composts :.....	26
II.12.2.4. Caractéristiques physico-chimiques classiques :.....	27
II.12.2.5. Rapport d'humification (AH/AF) :.....	28
II.12.2.6. Autres critères relevés dans la littérature ;.....	28

CHAPITRE III

méthodologique

III. Approche méthodologique :	31
III.1. Présentation du site d'étude :	31
III.1.2. Diagramme climatique Mostaganem :.....	32
III.1.3. Courbe de la température de Mostaganem :	32
III.1.4. Tableau climatique de Mostaganem :	33
III.2. Etapes de confection du compost :.....	33
III.3. Dispositif expérimental :	34
III.3.1. Taille des haies et des arbustes :	34
III.4. Méthodologie :	35
III.4.1. Préparation de la matière à composter :.....	36
III.4.2. Les étapes de valorisation des déchets vert et déchets ménagers :.....	38
III.5. Méthode d'analyse :	39
III.5.1. Observation sur site :	39
III.5.1. 1. Observations visuelles :	39
III.5.1. 2. Tests de températures :	39
III.5.1. 3. Tests d'humidité.....	40
III.6. Evaluation de la maturité du compost :	41
III.6.1. Analyses au laboratoire :	41
III.6.2. Echantillonnage :	41
III.6.2.1. Préparation de l'échantillon :	41
III.6.3. Les paramètres analysés :	41
III.7. Caractérisations des paramètres physiques et chimiques :.....	42
III.7. 1. Mesure de la température :	42
III.7.2. Mesure du pH :	42
III.7.3. Conductivité électrique :.....	42

III.7.4. La capacité d'échange cationique :.....	43
III.7.4.1. Introduction :.....	43
III.7.4.2. La détermination de la C.E.C :.....	43
III.7.4.3. Mode d'opérateur :.....	43
III.7.5. Matière organique et dosage du carbone :.....	45
III.7.5.1. Préparation des solutions :	45
III.7.5.2. Mode opératoire :.....	45
III.8. Dosage de l'azote :	46
III.9. Rapport C/N :	46

CHAPITRE IV

Résultats et discussions

IV. Résultats et discussions :	47
IV.1. Suivi du compostage :	47
IV.1.1. Compost obtenu :.....	47
IV.1.2. Aspects physiques et chimiques :.....	48
IV.1.2.1. Evolution de PH :.....	48
IV.1.2.2. Evolution de température :.....	49
IV.1.2.3. Humidité :.....	50
IV.1.2.4. Matière organique et carbone organique :	51
IV.1.2.5. Conductivité électrique :.....	53
IV.1.2.6. Capacité des échanges cationique :.....	54
IV.1.2.7. Les minéraux :	55
IV.1.2.8. Evolution d'azote :.....	55
IV.1.2.9. Evolution du rapport Carbone/azote(C/N).....	56

Conclusion56

Références bibliographiques

Résumé

Tableau 1 : Différentes formes que peut prendre un déchet en fonction de son origine (Anonyme2, 2012)	5
Tableau 2: Les différentes matières à composter	5
Tableau 3 : Exemple, de la quantité d'êtres vivants que l'on peut trouver dans un kilode compost en activité (Anonyme2, 2013).....	9
Tableau 4 : Type de micro-organismes intervenants en fonction de la température(Bustamante et <i>al.</i> , 2008).....	11
Tableau 5 : Paramètres de contrôle et de suivi du procédé. (Edem Koledzi,2011).....	14
Tableau 6 : Tableau climatique de Mostaganem	33
Tableau 7 : préparation de matière organique.....	34
Tableau 8 : Les étapes de valorisation des déchets vert et déchets ménagers	39
Tableau 9 : évolution des poids au cours de compostage.....	47
Tableau 10 : Evolution de PH	48
Tableau 11 : Evolution de température	49
Tableau 12 ; Hygiénisation du compost en fonction de la température (adapté de knoll, 1969	50
Tableau 13 : valeur de C % et MO %	51
Tableau 14 : Définition des classes de maturité des composts à partir de la production du....	52
Carbone organique total après trois mois de compostage (Francou, 2003 in Annabi, 2005).	
Tableau 15 : Evolution de CE.....	53
Tableau 16 : : la valeur de La capacité d'échange cationique	54
Tableau 17: Valeur moyenne du réservoir de fertilité de la CEC (optimum 11 à 19).....	54
Tableau 18: : les valeurs des différents éléments fertilisants.....	55
Tableau 19: valeurs d'azote %.....	55

Figure 1 ; Les différents types de compost.....	4
Figure 2 : Représentation schématique de processus de compostage(CHARNAY.2005)	6
Figure 3: Courbe théorique d'évolution de la température et du pH au cours du compostage D'après Mustin (1987)	11
Figure 4 : Teneurs moyennes en éléments fertilisants des composts de déchets verts et fumier bovin en tas.	15
Figure 5 : Courbe de l'évolution de la température au cours du compostage (Leclerc, 2001).....	18
Figure 6 : Schéma du cycle de l'azote lié à un apport de compost (Francou, 2003).....	19
Figure 07 : Diagramme climatique Mostaganem.....	32
Figure 08 : Courbe de la température de Mostaganem.....	32
Figure 09 : Schéma illustrant le niveau de mesure de la température avec le thermomètre à sonde.....	40
Figure 10 : Evolution de la température dans le lot de compost au cours du processus de compostage.....	48
Figure 11 : Evolution de la température au cours du compostage.....	49
Figure 12 : évolution de CE.....	53

Listes des photos

Photo 01 : le site expérimentation (Hassi Mamache Mostaganem)	31
Photo 02 : La taille des haies et des arbustes	34
Photo 03 : Tracteur a remorque de benne	35
Photo 04 : Pelle et râteau	35
Photo 05 : compresseur.....	35
Photo 06 : Brouette.....	35
Photo 07 : tare de pascalle	35
Photo 08 : Broyeur.....	35
Photo 09 : La taille des haies et des arbustes.....	36
Photo 10 : déchets verts après le broyage.....	36
Photo 11 : la plateforme du compostage	36
Photo 12 : mise en place du l andain	37
Photo 13 : arrosage de lot du compostage	37
Photo 14 : le retournement.....	37
Photo 15 : criblage.....	38
Photo 16 : test de température	40
Photo 17 : teste de l'humidité	41
Photo 18 :test de PH	42
Photo 19 :test de conductivité électrique.....	42
Photo 20 : mesure de CEC.....	44
Photo 21 : dosage de carbone et matière organique	45
Photo 22 : Dosage de l'azote	46
Photo 23 : Différence d'humidité en fonction de la hauteur	50

Depuis le début des années 1990, la protection de l'environnement est devenue une préoccupation collective. La question des déchets est quotidienne et touche chaque individu tant sur le plan professionnel que familial. En tant que consommateur, jeteur, usager du ramassage des ordures ménagères, et trieur de déchets recyclables, citoyen ou contribuable, chacun peut et doit être acteur d'une meilleure gestion des déchets. Des gestes simples permettent d'agir concrètement pour améliorer le cadre de vie et préserver le bien-être de Chacun : chaque citoyen peut jeter moins et jeter mieux (Anonyme 1, 2001).

Si les déchets ont été longtemps considérés comme des résidus sans valeur, des activités de production et de consommations industrielles et consommateurs reconnaissent

Aujourd'hui que le traitement des déchets constitue l'enjeu écologique de cette fin de siècle, et que la mise en place d'une véritable filière économique du traitement des déchets s'impose (SCRIBAN, 1993).

Mais qu'est-ce qu'un déchet ?

Au sens courant du mot, c'est un résidu de production ou de consommation sans valeur d'usage, qui doit, par conséquent être éliminé, ce qui entraîne un coût individuel ou social.

Mais tout autant que les ressources, le déchet est un concept relatif à un contexte technologique et, par-là, culturel et historique. Si nous lui trouvons une valeur d'usage, par exemple comme matière première dans une production nouvelle, il cesse d'être un déchet pour devenir une ressource, une valeur d'échange potentielle et non plus un coût (PIERRE SAMUEL, 1976).

Le compostage favorise la décomposition naturelle des déchets organiques

Provenant de la cuisine ou du jardin afin de produire un riche terreau.

Dans la nature, les déchets organiques se décomposent grâce à une série de processus biologiques et chimiques. Des agents biologiques - vers, insectes, champignons microscopiques, bactéries et autres micro-organismes - « mâchent » en quelque sorte ces déchets qui sont de plus transformés par oxydation (l'exposition à l'air), réduction et hydrolyse (l'exposition à l'eau).

Le compostage est un processus biologique dans lequel les déchets organiques sont transformés par les micro-organismes du sol en une terre noire riche en matières nutritives.

Cette terre noire, un produit stabilisé et hygiénique appelé composte, constitue un engrais naturel idéal pour les espaces verts, utilisable en agriculture et en horticulture pour l'amendement des sols en éléments nutritifs. L'apport de composte est un moyen simple et naturel d'enrichir la terre en humus, qui est la base de la fertilité et de la conservation des sols, Et assure ainsi une meilleure aération et rétention en eau (HUBER, 2001).

Le compostage aide à boucler le cycle du carbone en retournant le carbone à l'environnement non vivant par la décomposition des matières végétales et animales.

Cette étude a donc pour objet de tester le mode de compostage en andain, suivre les processus ce compostage et aussi d'évaluer la qualité du compost de déchets verts et déchets ménagers
Ce mémoire comprend trois chapitres principaux :

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

I. Généralités :

I.1. Définition des déchets :

D'après la loi n°01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et l'élimination des déchets, on entend par déchets : 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

Autre définition :

Un déchet correspond à tout matériau, substance ou produit jeté ou abandonné parce qu'il n'a plus d'utilisation précise.

Le terme de déchet traduit l'idée de se défaire d'un produit dont une personne physique ou morale dispose (Damien, 2006).

I.2 Déchet organique :

Autre appellation des déchets fermentescibles. Ce sont les résidus d'origine végétale ou animale qui peuvent être dégradés par les micro-organismes pour lesquels ils représentent une source alimentation. Ils incluent : les végétaux, les déchets putrescibles de la cuisine et ceux collectés auprès des cantines et restaurants d'entreprises, les papiers et cartons souillés sous certaines conditions. Ces déchets sont utilisés pour la fabrication du compost.

I.2.1 Les déchets ménagers :

Les déchets ménagers sont des déchets issus de l'activité domestique des ménages et pris en compte par les collectes usuelles ou séparatives. Ces déchets peuvent être séparés en deux sous catégories :

- La fraction résiduelle des déchets ménagers obtenue après séparation des papiers, cartons, verres et emballages. Elle est également désignée par le terme « ordures ménagers grises » du fait de la couleur de la poubelle utilisée par les collectivités qui pratiquent ce type

De collecte sélective.

- La fraction fermentescible (putrescible) des ordures ménagères : déchets organiques Biodégradables, ou bio déchets (déchets de cuisine, fleurs, etc.), récupérés lors de collectes Sélectives visant à les isoler des autres composés non putrescibles. Les déchets verts des Jardins des particuliers sont souvent collectés avec cette fraction. Les déchets de marchés Constituent également cette catégorie. (Figure III-04).

I.2.2 Déchets verts :

Les déchets verts sont des déchets organiques issus de l'entretien des espaces verts, des jardins privés, des serres, des terrains de sports... On désigne par déchets verts les feuilles mortes, les tontes de gazon, les tailles de haies, d'arbustes, les résidus d'élagage, les déchets d'entretien de massifs, les déchets de jardin des particuliers collectés séparément ou par le biais des déchetteries.

Activité professionnelle	Type de déchet
Entretien des espaces verts et des jardins	Tontes, coupes et tailles de haies ou d'arbustes, branches et branchages de différentes épaisseurs. Ces déchets sont générés par les services municipaux ou par des entreprises spécialisées dans la gestion des espaces verts intervenant auprès des communes, des établissements publics et privés ou des particuliers.
Abattage d'arbres	Racines, troncs, branches et feuilles. La partie ligneuse appartient plutôt à la catégorie «déchets de bois».

Tableau 1 : Différentes formes que peut prendre un déchet en fonction de son origine (Anonyme2, 2012) :

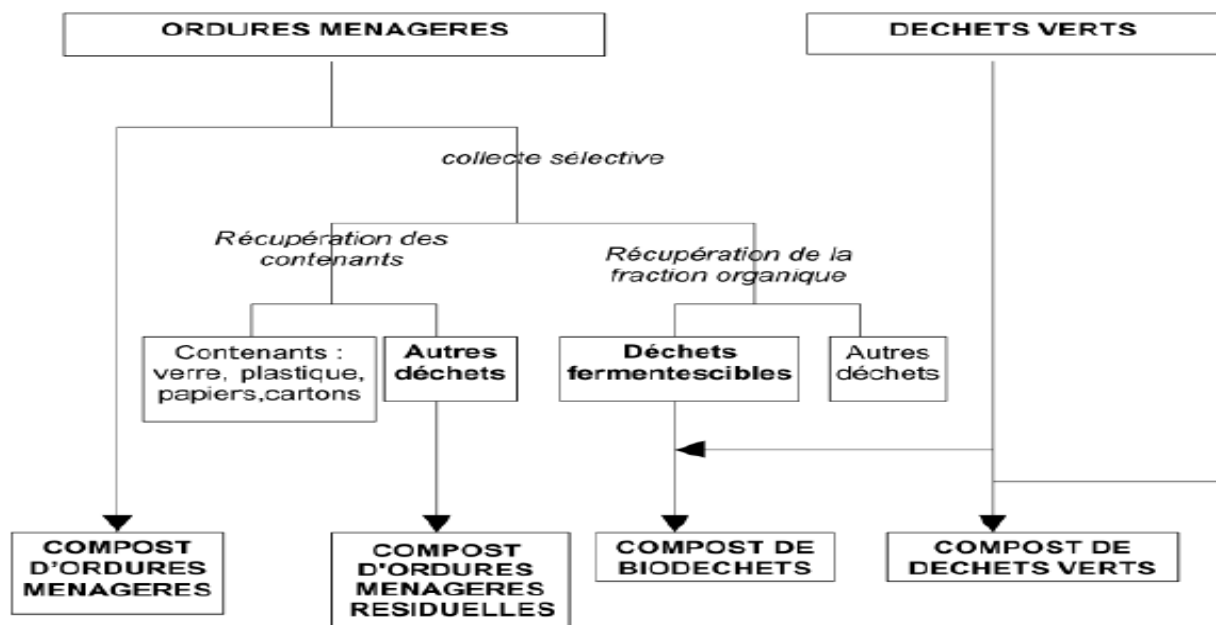


Figure 1 ; Les différents types de composte

Matière à composter	
Matière riche en carbone Les bruns, les matières sèches	Matière riche en azote Les verts, les matières humides
<p>Feuilles, plantes et fleurs séchées</p> <ul style="list-style-type: none">• Brindilles, paille et foin• Marc, filtres de café et sachets de thé• Pâtes alimentaires, pain et riz• Papier (préférable de le recycler)• Serviettes de papier• Écailles de noix et noyaux• Tissu fait de fibres naturelles• Cheveux naturels et ongles• Sciure de bois• Terre	<ul style="list-style-type: none">• Restes de fruits• Restes de légumes• Fumier mature• Coquilles d'œufs• Algues (excellent fertilisant)• Tonte de gazon (en petite quantité)

Tableau 2 : Les différentes matières à composter

II.1. Définition du compostage ;

Le compostage est la transformation d'une matière organique très instable et fortement biodégradable en une matière organique stable (Leclerc, 2001). Le compostage est un processus contrôlé de dégradation de constituants organiques d'origine végétale et animale, par une succession de communautés microbiennes évoluant en condition aérobies, entraînant une montée de température, et conduisant à l'élaboration d'une matière organique humifiée et stabilisée.

Le produit ainsi obtenu est appelé compost. Selon Charnay (2005), le compostage est un mode de traitement biologique aérobie des déchets. Son principe peut être schématisé comme le montre la figure suivante :

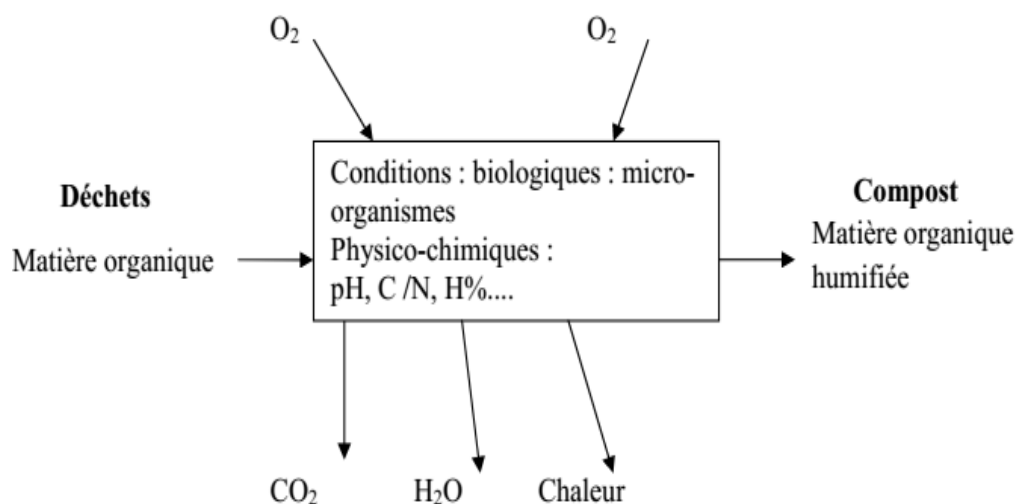


Figure 2 : Représentation schématique de processus de compostage(CHARNAY.2005)

Le compost est donc un produit organique en état de décomposition plus ou moins avancée destiné à un retour au sol (Francou, 2003).

II .2. Historique :

Le compostage n'est pas une technique récente mais très ancienne pratiqué des l'antiquité. Depuis **Millénaires** , les chinois ont rassemblés et composté toutes les matières organiques du jardin, des champs, de la maison y compris les matières fécales. au proches –orient par exemple, une aire de dépôt des déchets urbains était aménagées devant les portes de Jérusalem : certains déchets étaient brûlés et les autres compostés .Aussi le mot 'compost' vient du latin 'Compositus' qui signifie 'composé de plusieurs choses' , les romains appelaient ainsi les préparations légumes et de fruits avec des adjonctions d'huiles, de sel et d'autres adjuvants.

II.3. Objectifs du compostage :

La mise en décharge étant interdite pour de nombreux bio-déchets (sauf les déchets ultimes), leur incinération est coûteuse et peu populaire, le compostage devient de plus en plus une solution pratique et simple. Elle présente de nombreux avantages, le principal étant la valorisation des déchets pour la production d'un amendement organique stable. En effet, le champ d'application du compostage s'est élargi avec l'évolution des techniques de compostage et la problématique de gestion collective des déchets ménagers. Cette filière concerne tous les types de déchets organiques tels que les déchets verts, les bio-déchets ménagers, les boues de stations d'épuration collectives ou industrielles, les déchets agroalimentaires et d'élevage.

II.4. Les organismes décomposeurs ;

Ils se divisent en deux groupes : les micro-organismes et les macro -organismes : ils interagissent ensemble ou successivement selon leur fonction respective.

II .4.1. Les micro-organismes (Anonyme2, 2013)

II .4.1.1. Les bactéries :

De tailles et de formes variables (souvent filamenteuses). Elles sont toujours présentes dans la masse des déchets organiques dès le début du processus. Elles restent actives durant tout le compostage et en particulier à haute température. Elles se multiplient très rapidement. Cette multiplication rapide associée à la diversité en espèces permet l'utilisation de résidus organiques "tout venant".

II .4.1.2. Les champignons :

Ils agissent surtout sur les matières qui résistent aux bactéries. Ils ont donc un rôle capital. Les champignons ne résistent pas à des températures supérieures à 50°C ; ce qui explique leur localisation particulièrement en périphérie du compost. On peut voir apparaître à la surface du compost des champignons macroscopiques, mais ceux-ci ne sont que la manifestation externe du mycélium microscopique se trouvant à l'intérieur du compost.

Les champignons sont également les seuls à encore pouvoir travailler dans un compost plus sec, là où les autres ont abandonné la partie.

II .4.1.3. Les actinomycètes :

Ils agissent plus tardivement que le reste des micro-organismes et se multiplient moins rapidement. Les actinomycètes sont actifs dans les derniers stades du compostage. Ils se sont spécialisés afin de s'attaquer aux structures plus résistantes comme la cellulose, l'hémicellulose et la lignine (constituants du bois notamment)., Au côté de ces trois types de micro-organismes, on retrouve également dans le compost, des algues, des virus, des protozoaires, ex

II .4.1.4. Les macro -organismes

Les macro- organismes sont très diversifiés dans le processus du compostage. Les lombrics du compost, par exemple, agissent au début du processus, sur des éléments peu décomposés (après la phase thermophile). Les grands lombrics quant à eux entraînent dans leurs terriers des fragments de feuilles ou même des feuilles entières.

Ils intèg rent ainsi un mélange de débris organiques et leurs excréments constituent un milieu idéal pour les activités microbiologiques du sol qui conduisent à l'élaboration du compost mûr. Beaucoup d'autres macro- organismes apparaissent, surtout dans la phase de maturation du compost.

Les principaux macro- organismes du compost sont les vers de compost ou de fumier (de plusieurs genres), les insectes, les acariens, les gastéropodes, les myriapodes, les cloportes, etc.

TYPES D'ORGANISMES	NOMBRE PAR KILO DE COMPOSTE
Bactéries	1.000.000.000 à 10.000.000.000
Actinomycète	1.000.000.à100.000.000
Champignons	10.000 à 1.000.000
Algues	10.000.000
Virus	Indéterminé
Protozoaires	Jusque 5.000.000.000
Vers de compost	Jusque 1.000
Collemboles	10.000
D'autres insecte et laves	2.00

Tableau 3 : Exemple, de la quantité d'êtres vivants que l'on peut trouver dans un kilo de compost en activité (Anonyme2, 2013).

II .5. Paramètres du compostage :

Les conditions pour un bon développement des activités micro- biologiques doivent être optimisées et leur suivi est indispensable pour évaluer la bonne conduite du compostage et l'obtention d'un produit final de bonne qualité. Ces paramètres majeurs interviennent en même temps au cours du compostage et non pas séparément (JIMENEZ et GARCIA, 1992 a ; BERNAL et al, 1996).

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 :

II .5. 1. PH

Défini comme le Potentiel Hydrogène, c'est une indication chiffrée reliée à la concentration en H_3O^+ (noté H^+ pour simplifier) d'une solution aqueuse. En solution diluée, $[H^+] = 10^{-PH}$, c'est à dire $pH = -\log [H^+]$, avec $[H^+]$ exprimé en mol. l-1.

Le pH baisse donc d'une unité lorsque la concentration est multipliée par 10 (un apport d'acide diminue le pH).

Le pH des suspensions de solides (déchets en phase de dégradation aérobie, compost mûr) varie entre 5 et 8 et peut atteindre 9 (Yu et al, 2009). Une phase acidogène se 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.

La seconde phase correspond à une 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).

Il existe différentes méthodes de mesure du pH justement parce que l'on ne sait pas mesurer le pH de la solution du sol. Il existe des méthodes normalisées. Quelle que soit la méthode de mesure du pH utilisée (pH eau, pH KCl, pH CaCl₂), il s'agit d'une mesure simple, peu onéreuse, robuste et avec de nombreuses références agronomiques.

II.5.2. Température :

Le suivi de la température est une mesure indirecte de l'intensité des dégradations qui ont la particularité d'être exothermiques. Elle renseigne également sur la qualité du processus de dégradation (Bustamante et al, 2008) : un épuisement en oxygène peut ainsi être décelé puis corrigé par des apports complémentaires (retournement). De plus, ce suivi caractérise au début du processus la qualité du mélange. Les variations des montées en température sont fonction de l'aération et de la composition du substrat, notamment de la teneur en eau nécessaire au développement des différents microorganismes impliqués.

Le tableau 4 indique le type de micro-organismes intervenant en fonction de la température atteinte lors du procédé. Pour obtenir l'hygiénisation du compost, l'U.S.E.P. A (1994) recommande une température de 55°C au moins pendant 15 jours en compostage à l'air libre. Dans des réacteurs, la température doit dépasser 60°C pendant une semaine (Ademe, 1998).

Les conditions optimales pour une hygiénisation dépendent de la nature du procédé et de la durée de maintien de la température. Stentiford (1996) rapporte qu'une température supérieure à 55°C permet l'hygiénisation, entre 45 et 55°C, elle favorise la biodégradation et entre 35 et 40°C, elle améliore la diversité des micro-organismes. La figure 19 montre l'évolution de la

température en fonction du pH. Une température voisine de 20°C ou supérieure à 82°C inhibe, voire arrête cette activité microbienne (Liang et *al.*, 2003). Mais même avec une montée en température suffisante, il existe un risque pour le compost de réinfection due à l'action de certains agents pathogènes en état de latence (Hamer, 2003).

Type de micro organismes	Température et durée nécessaire à sa destruction
<i>Ascaris lumbricoides</i>	4h à 60°C ou 1h à 15-20 min à 60°C ou 1h à 55°C
<i>Escherichia coli</i>	15-20 min à 60°C ou 1h à 55°C
<i>Salomonella spp</i>	15-20 min à 60°C ou 1h à 55°C
<i>Shigella spp</i>	1h à 55°C
<i>Taenia saginata</i>	5 min à 71°C

Tableau 4 : Type de micro-organismes intervenants en fonction de la température (Bustamante et *al.*, 2008).

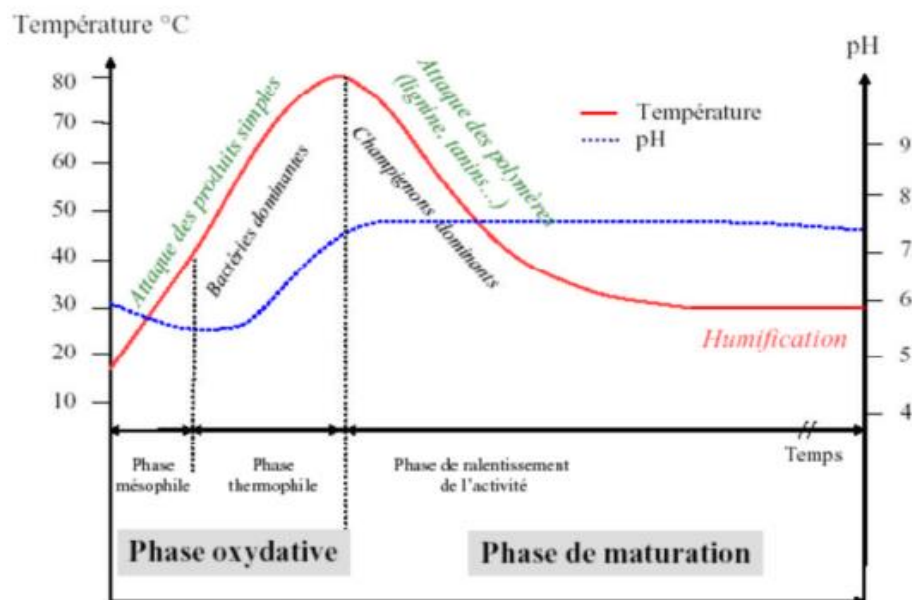


Figure 3: Courbe théorique d'évolution de la température et du pH au cours du compostage
D'après Mustin (1987)

II.5.3. Teneur en humidité :

La teneur en eau (H%) du substrat conditionne l'activité des micro-organismes. La teneur optimale dépend de la densité du milieu, qui est fonction de l'état physique et de la nature du substrat. Elle est sensible à deux phénomènes ayant des effets complémentaires : d'une part, la dégradation de la matière organique provoquant une libération d'eau et d'autre part, une évaporation de l'eau sous l'effet de l'énergie calorifique libérée par la fermentation.

La décomposition de la matière organique est inhibée si la teneur en eau baisse en dessous de 20 %. Au contraire, si elle dépasse 70 %, l'eau commence à remplir les espaces lacunaires des déchets et empêche les échanges d'oxygène, provoquant des conditions favorables à l'anaérobiose. Selon certains auteurs (TIQUIA et al., 1998 ; HAUG, 1993 ; MUSTIN, 1987) l'optimum de teneur en eau se situe entre 40 % et 60 %. En fin de procédé, un produit sec ou presque facilite la finition mécanique du compost en évitant un colmatage des équipements. Le pH, la température et l'humidité sont des paramètres interdépendants et difficilement dissociables. Les auteurs s'accordent pour donner des valeurs optimales de ces paramètres. LIANG et al. (2003) étudient plus spécifiquement les effets de deux paramètres, l'humidité et la température de dégradation des bio déchets.

L'humidité semble être le paramètre ayant la plus grande influence. Cela suggère un contrôle du procédé par l'humidité et non comme habituellement par la température.

II.5.4. 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.

II.5.5. Granulométrie :

La granulométrie est un facteur qui détermine la vitesse de biodégradabilité. Plus la surface spécifique du substrat sera élevée, plus la zone de contact entre le substrat et les micro-organismes, sera étendue et meilleure sera la fermentation. Une granulométrie trop fine induit un espace poral trop réduit et diminue l'accès puis la circulation de l'air : « étouffement » du compost. A contrario 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 de broyeur ou de cribleur.

L'identification des principaux paramètres physico-chimiques est nécessaire pour optimiser puis améliorer l'efficacité du procédé. De la caractérisation physico-chimique du substrat va découler le réajustement des conditions du procédé : ajout d'eau, fréquences des retournements. Au cours du procédé, un contrôle des paramètres principaux permet non seulement de connaître le stade de dégradation du compost mais aussi d'avoir une idée du bon déroulement du processus. Dans la pratique, les conditions de dégradation rapides et contrôlées dépendent du système de fermentation employé.

Le tableau 5 ci-dessous présente ces caractéristiques pour un système classique en andain avec retournement mécanique.

Paramètre	Phase initial	Compost mur
Rapport C/N	20 à40	10-15
Humidité (%)	20à40	10à15
Température(C°)	40à65	35à45
PH	5à8	7à8.5
MO (%MS)	40à70	20à 40
Granulométrie (cm)	~1 en aération forcée 3-10 sans aération forcée	Dépend du criblage

Tableau 5 : Paramètres de contrôle et de suivi du procédé. (Edem Koledzi, 2011)

Il reste très difficile de définir avec précision les valeurs optimales pour chaque paramètre. En effet, ceux-ci dépendent de la composition intrinsèque du substrat, variant en fonction des conditions socio-économiques et du mode de vie de chaque pays. Ces paramètres s'équilibrent au cours du procédé : le dépassement de la valeur de l'un sera compensé par la valeur de l'autre. Certains paramètres comme la température, ou l'humidité sont également fonction de la technologie du procédé. En pratique, il est nécessaire de trouver un compromis entre la théorie et les contraintes de terrain.

II.5.6. Teneurs en matière organique et en carbone organique :

La matière organique est la matière spécifique des êtres vivants végétaux et animaux. En raison de sa richesse en carbone, la matière organique est appelée matière carbonée. Elle constitue l'humus. Elle est composée d'éléments principaux (C, H, O, N) et d'éléments secondaires, (S, P, K, Ca, Mg) (Mustin, 1987). On fait référence sous le terme de matière organique à la matière capable de se décomposer (ou de l'être) ou à la matière résultant de la décomposition.

Il est vrai que la matière organique est bien souvent le reste d'un organisme vivant, et peut même contenir des organismes vivants. Les polymères et les plastiques, si on les qualifie de « composés organiques », ne sont généralement pas considérés comme des matériaux organiques car ils se décomposent très difficilement.

II.5.7. Teneur en azote :

La majorité de l'azote contenu dans le compost est d'origine organique, et sous forme de

protéines ou de peptides simples. La qualité du compost est également évaluée par le suivi de l'azote. En effet, les microorganismes nitrifient le substrat, se traduisant par une diminution de la concentration en NH_4^+ et une apparition d'ions nitrate NO_3^- . Certains auteurs fixent la limite de stabilité d'un compost de la matière organique pour une teneur en NH_4^+ de 0,04%, soit 400 mg/kg (Bernal, 1998; Bustamante et al., 2008). Sanchez-Monedero (2001) a montré que la perte d'azote dans un compost d'ordures ménagères est proche de 40% et qu'un rapport $[\text{N} - \text{NH}_4^+] / [\text{N} - \text{NO}_3^-]$ inférieur ou égal à 0,11% correspond à un indicateur de maturité pour ce type de compost.

L'azote organique des composts stabilisés, se minéralise lentement, avec une vitesse similaire à celle des sols (0,26 mg N/kg/j) sans évolution avec l'âge du compost. Pour les composts moins stables, la vitesse de minéralisation est supérieure (0,4 mg N/kg/j) (Houot, 2002).

II.5.7.1. Teneurs des composts de déchets verts :

Les valeurs peuvent varier fortement d'un compost à l'autre : le calcul du plan de fumure Doit se baser sur les données figurant sur le bulletin de livraison fourni par le producteur De compost. Ce document contient toutes les indications nécessaires concernant les caractéristiques et les possibilités d'utilisation du compost.

		Matière sèche	Matière organique	N total	N disponible	P_2O_5	K_2O	Mg	Ca
Compost de déchets verts	kg/m ³	250	105	3.5	0.2 - 0.35	1.5	2.5	1.5	12.5
	kg/t MF	500	210	7	0.4 - 0.7	3	5	3	25
Fumier bovin	kg/t MF	190	150	4.9	1.0 - 2.0	3.2	6.6	0.8	3.7

Figure 4 : Teneurs moyennes en éléments fertilisants des composts de déchets verts et fumier bovin en tas.

II.6. Les quatre phases du compostage :

Le compostage est accompagné de production de chaleur. Il est largement admis depuis longtemps que la chaleur générée au sein du compost est essentiellement d'origine biologique, c'est à dire due à l'activité microbienne (WAKSMAN et al, 1939). Des oxydations chimiques

exothermiques peuvent également prendre part à l'échauffement du compost. Mais l'origine abiotique de l'échauffement est considérée négligeable devant l'origine biologique, lorsque les températures n'atteignent pas des valeurs très convenables pour l'activité microbienne dans un domaine dépassant les 80 °C (FINSTEIN & MORRIS M.L. 1975; MILLER et al, 1989).

L'évolution de la température au sein du compost permet de définir quatre phases au cours du compostage (Figure III-01). Ces phases sont largement décrites dans la littérature (LECLERC, 2001).

- **La phase mésophile** est la phase initiale du compostage. Durant les premiers jours de compostage, la présence de matières organiques facilement biodégradables entraîne une forte activité microbienne (bactéries et champignons) générant une forte production de chaleur et une montée rapide de la température au cœur du compost.

- Très vite la température atteint des valeurs de 60 °C jusqu'à 75 °C. Cette phase est appelée **phase thermophile** car seuls les micro-organismes thermorésistants (essentiellement des bactéries) peuvent survivre à ces hautes températures. Au cours de cette phase, une part importante de matière organique est dégradée sous forme de CO₂, et un assèchement du compost lié à l'évaporation de l'eau est souvent observé.

- **Lors de la phase thermophile**, succède la phase de refroidissement. La diminution de la quantité de matières organiques facilement dégradables provoque un ralentissement de l'activité microbienne.

La chaleur générée par la dégradation microbienne est alors inférieure de deux pertes dues aux échanges surfaciques et à l'évaporation, entraînant un refroidissement du compost. **Cette phase de refroidissement** peut être très progressive ou au contraire très rapide en fonction des conditions climatiques ou de la taille du tas de compost par exemple. Au cours de cette phase, des micro-organismes mésophiles recouvrent à nouveau le compost.

- Au cours de la dernière phase appelée **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 des composts.

Il faut noter que les deux premières phases qui sont en général des phases de

dégradation des matières organiques sont regroupées sous le nom **de fermentation** (du latin fermentation signifiant altération), correspondant donc à une phase de dégradation intensive de la matière organique. S'il s'agit effectivement de processus de dégradation de la matière organique, il ne s'agit pas au sens strict d'une fermentation (métabolisme énergétique au cours duquel le substrat est dégradé en anaérobiose), car par définition, le compost doit évoluer en conditions aérobies. Mais par extension, le terme fermentation définit les modifications chimiques du substrat liées à l'activité microbienne, tant en aérobiose qu'en anaérobiose (Dictionnaire d'Agriculture – Conseil International de langue française, 1999).

Certains auteurs utilisent le terme de fermentation aérobie. Ce terme de fermentation est très utilisé dans le milieu du compostage (SUGAHARA & IONOKO ,1981 ; HARADA et al, 1981 ; GODIN P. 1981 ; IGLESIAS-JIMENEZ & PEREZ- GARCIA ,1989 ; SANTIS et al, 2011 ; TIWARY et al, 2010).

Bien que globalement le compostage se fasse dans des conditions aérobies, plusieurs travaux ont mis en évidence la présence possible de sites anaérobies durant la phase de dégradation intensive (KIRCHMANN & WIDEN ,1994 ; BECK-FRIIS et al, 2000 ; HE et al, 2000 ; SHRINIVAS et al., 2011).

De tels sites peuvent s'expliquer par l'intense activité microbienne consommatrice d'oxygène et génératrice de gaz carbonique combinée à un manque d'aération du compost.

Il faut signaler que cette vision des quatre phases du compostage est avant tout une vision théorique qui représente ce qui se passe au cœur du compost. L'évolution de température au sein d'un compost dépend de la production interne de chaleur et des échanges avec l'extérieur (BACH et al, 1987). Un tas de compost est un milieu hétérogène, qui a des surfaces d'échange avec le milieu extérieur, des zones de tassement, et des gradients de température et d'humidité (MILLER et al, 1989 ; FERMOR ,1993). Pour réduire cette hétérogénéité et favoriser la biodégradation, un travail du compost est souvent réalisé, généralement durant la phase de dégradation : retournement, arrosage et criblage.

Ce travail entraîne fréquemment une reprise de l'activité microbienne, traduite par des remontées de la température

Remarque

Les deux premières phases qui sont des phases de dégradation des matières organiques sont regroupées sous le nom de fermentation (**Figure 05**), la dégradation de la matière organique y est intensive. Le compost évolue en condition aérobie. L'évolution de la température au sein du compost dépend de la production interne de chaleur et des échanges avec l'extérieur.

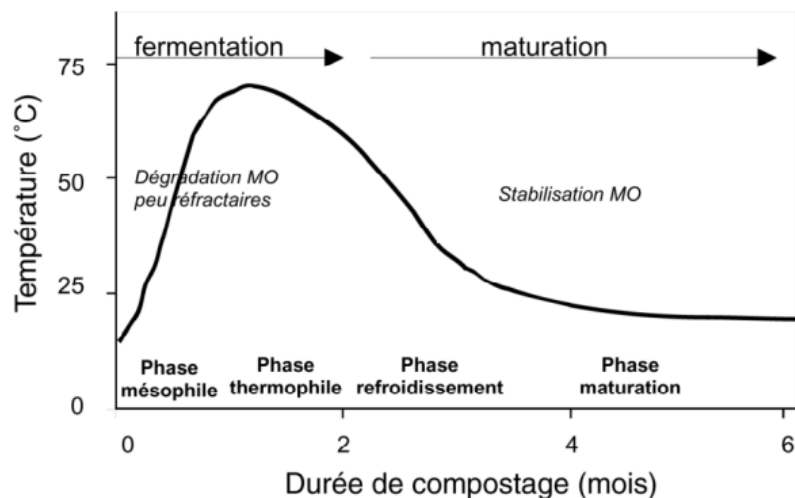


Figure 5 : Courbe de l'évolution de la température au cours du compostage (Leclerc, 2001)

II.7. Les avantages du compost:

L'utilisation du compost comporte plusieurs avantages parmi lesquels on peut citer :

II.7.1. Amélioration de la croissance des végétaux et raciness:

Il a été démontré que les végétaux se développant dans un milieu de croissance contenant du compost sont plus forts et ont un meilleur rendement.

II.7.2. Amélioration du rythme de diffusion des nutriments :

Le compost rend au sol ses nutriments prolongeant ainsi leur présence dans le sol pour nourrir les végétaux pendant une plus longue période.

II.7.3. Amélioration de la porosité du sol :

L'activité microbienne est essentielle à la porosité du sol. Les micro-organismes

décomposent les matières organiques pour rendre les nutriments accessibles aux végétaux. L'amélioration de la porosité entraîne également une meilleure aération du sol et ainsi le développement de l'activité biologique.

II.7.4. Amélioration de la capacité de rétention d'eau :

La matière organique contenue dans le compost peut absorber l'eau et améliorer ainsi la capacité de rétention d'eau du sol.

II.7.5. Elimination des maladies chez les végétaux :

Il a été démontré que certains composts améliorent la résistance des végétaux vis-à-vis de certaines maladies (Larbi, 2006). L'effet phytosanitaire décrit la faculté fongicide du compost. D'une manière générale le compost contient des substances donnant plus de vigueur aux végétaux et augmentant ainsi leur résistance vis-à-vis de certains organismes pathogènes.

II.7.6. Effet sur la structure du sol :

- Amélioration de la structure du sol par augmentation des agrégats.
- le compost de couleur foncée, augmente l'absorption des rayons solaires (réchauffement).
- Meilleure perméabilité à l'air et à l'eau.
- une réduction importante de l'effet du gel, de l'érosion (hydrique et éolienne) et diminution de la dessiccation par ventilation ; (Guittonny-Larchevêque, 2004).

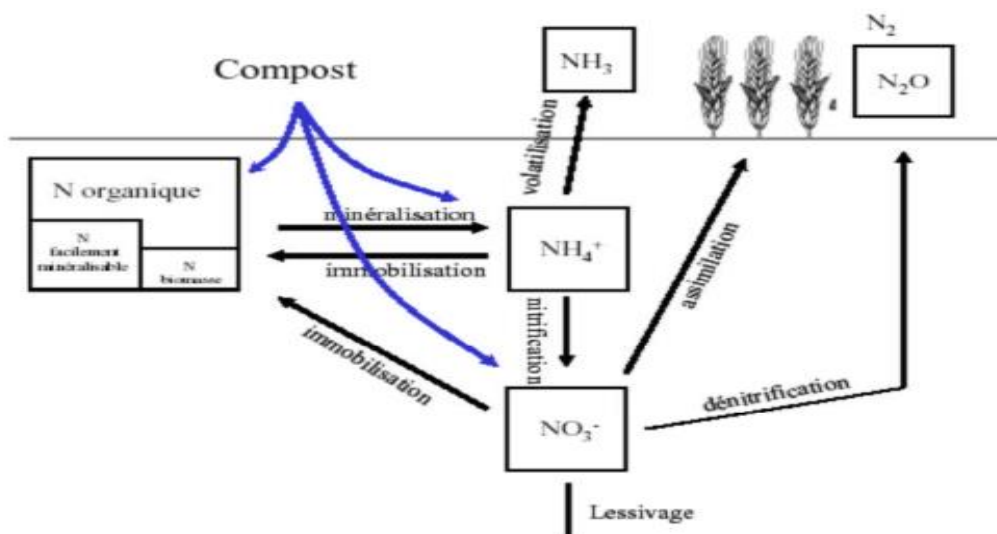


Figure 6 : Schéma du cycle de l'azote lié à un apport de compost (Francou, 2003).

II.8. L'évaluation d'un compost mur :

Trois caractéristiques nous permettent d'évaluer la maturité d'un compost :

- **La couleur** : Un compost mûr à une couleur brune ou noire selon les matières organiques utilisées pour sa fabrication. Un compost brun clair ou verdâtre devra être laissé encore quelques temps tranquilles avant de l'utiliser.
- **L'odeur** : Un compost mûr doit sentir l'humus forestier. Si l'odeur reconnus est de chou, de pomme de terre ou d'oignon, attendez encore avant de le récolter.
- **L'apparence** : S'il reste des bouts feuilles dans le compost, c'est que tous n'ont pas été dégradé.

II.8.1. Le compost :

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 & 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

Un bon compost provient d'un équilibre entre des matériaux riches en azote et pauvres en carbone (déchets organiques, fumiers), riche en carbone et pauvre en azote (matière végétale sèche, bois broyé) et intermédiaires entre les deux (matière végétale verte) (COUPLAN & MARMY, 2009). Il existe deux types de compost:

- **Le compost anaérobie** : est le compost résultant d'un entassement de débris Végétaux qui se décomposent sur place, les inconvénients d'un tel compost sont :
 - Odeurs désagréables du au pourrissement -Evolution plus lente que celle d'un compost aérobie (il lui faut environ un an pour être prêt) Et les risques de Problèmes phytosanitaires car sa température reste basse et les organismes Pathogènes ne sont pas détruits.

- **Le compost aérobie** : Il ne possède pas d'odeur désagréable, sa maturation est beaucoup plus rapide (il peut être prêt en six mois environ), Les graines des

Mauvaises herbes et les germes pathogènes sont détruits lors de l'élévation de Température résultant de la fermentation. Cependant, son seul inconvénient est Qu'il nécessite une intervention humaine plus importante que le compost anaérobie (COUPLAN & MARMY, 2009).

II.9. L'effet du compost sur sol et les plantes :

Ainsi, SERRA-WETTLING (1995) et SERRA-WETTLING *et al*, (1997) ont révélé Que l'addition de 10 % en volume de compost de fraction fermentescible d'ordure ménagères, à un sol limoneux permet de diminuer voire de supprimer le développement de la Fusariose vasculaire du lin (causée par *Fusarium oxysporum*).

Selon ZNAIDI, (2002), l'effet bénéfique du compost est dû à l'activité biologique et/ou à une modification physique du milieu. La résistance d'origine biologique est attribuée soit à l'ensemble des microorganismes du sol et du compost (c'est la résistance générale), soit À la présence de micro-organismes antagonistes des agents pathogènes (c'est la résistance spécifique).

En outre, GILLARD (2002) a observé que l'épandage de compost jeune de déchets végétaux, comme apport d'une source carbonée fraîche destinée à améliorer la vie microbiologique des sols, a permis d'atteindre de nombreux objectifs : l'amélioration du pH, la réorganisation d'azote, la séquestration du carbone, l'amélioration de la porosité (meilleure circulation de la phase gazeuse et meilleure rétention d'eau), la hausse de la capacité d'infiltration de l'eau et la présence d'un système à base de mycélium ont été obtenus (GILLARD, 2002).

Ainsi d'une part l'apport de compost frais de déchets végétaux montre une capacité à favoriser la rétention d'eau à partir de 30 t/ha, et d'autre part, l'ajout de compost frais de déchets végétaux montre une capacité à réorganiser de l'azote dès 20 t/ha, limitant ainsi le risque de lessivage.

La valeur amendante (capacité à augmenter le stock de MO du sol) augmente avec la stabilité de la MO. L'utilisation des composts en support de culture exige qu'ils soient bien stabilisés pour éviter tout risque de phytotoxicité. Evolution de la stabilisation de la MO des composts est étroitement dépendante des déchets compostés. Le choix du compost à utiliser en

amendement organique devra donc être réfléchi en fonction des objectifs recherchés avec l'utilisation de ce type de matières fertilisantes (HOUOT (2009)).

II.10. Conditions réglementaires de l'utilisation des composts en agriculture :

Les composts sont essentiellement utilisés en agriculture, mais également pour la végétalisation des sites, ou comme support de culture.

Pour pouvoir être utilisés, les composts doivent faire l'objet d'une procédure d'homologation, ou répondre aux critères de spécification définis dans la norme 44-051 définissant les amendements organiques. Cette norme est d'application obligatoire pour l'utilisation de ces produits, mais est très peu contraignante en raison notamment de l'absence de critères d'innocuité (polluants et pathogènes). Elle est actuellement en cours de révision.

Les composts n'entrant pas dans le cadre de cette norme (composts de boues de station d'épuration par exemple) doivent être utilisés dans le cadre d'un plan d'épandage.

L'utilisation des composts en agriculture biologique est possible, lorsque le besoin est reconnu par l'organisme de contrôle. Les composts d'effluents d'élevage (sauf l'élevage hors-sol), les composts de déchets verts et les Composts de bio déchets peuvent être utilisés en agriculture biologique. Cependant, ces derniers doivent avoir des teneurs très faibles en métaux (Leclerc, 2001).

II.11. Valorisation agronomique des composts par apport d'éléments fertilisants:

Le premier intérêt des amendements organiques est donc une diminution de la part de ces engrais lixiviables et leur remplacement par des déchets organiques valorisés. Les applications de compost dans les sols améliorent durablement et efficacement la fertilité du sol selon les travaux de GUITTONNY-LARCHEVEQUE, 2004; GASCO et al., 2013).

De même, cet auteur a montré que les amendements de composts favorisent le processus de reforestation en améliorant la nutrition et la croissance des plantes, et surtout en augmentant leur potentiel de survie en période de sécheresse. La valorisation agronomique des composts est aussi souvent comprise comme étant l'apport d'éléments fertilisants.

Les substances organiques sont caractérisées par trois éléments principaux: Carbone, Hydrogène et Oxygène représentant en masse plus de 90 % du résidu sec des végétaux. Cependant, de nombreux autres éléments font partie des éléments nutritifs majeurs pour les plantes. Ceux-ci sont classés en deux groupes: les macro- éléments tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le soufre, le calcium et le magnésium présents à des proportions de quelques pour mille à quelques pour cent de la matière sèche et les éléments nutritifs secondaires ou oligo-éléments (proportion inférieure à 0,1 % de la matière sèche). Nous nous intéresserons plus particulièrement à trois d'entre eux: l'azote, le phosphore et le potassium

. II.11.1. Azote (N):

L'azote est l'élément fondamental de la production végétale, le « pivot de la fertilisation ». Sa disponibilité détermine le rendement. Il entre dans la composition de très nombreux éléments essentiels à la vie cellulaire: acides aminés, acides nucléiques... Le cycle de l'azote consiste en la transformation des formes de l'azote assuré par les microorganismes du sol.

L'azote minéral représente généralement moins de 5 % de l'azote total du sol et se trouve sous forme de nitrate (NO_3^-) et d'ammonium (NH_4^+) selon Robert (1996). L'azote organique est minéralisé en NH_4^+ par ammonification, puis nitrifié en NO_3^- . L'ammonification est réalisée par des micro-organismes variés alors que la nitrification n'est opérée que par certains micro-organismes plus spécifiques. L'azote minéral (NO_3^- et NH_4^+) est susceptible d'être ensuite assimilé par les plantes, ou immobilisé dans la biomasse microbienne du sol.

La quasi-totalité de l'azote du sol est sous forme organique (MUSTIN, 1987). Cependant, la matière sèche des composts de déchets municipaux pouvant contenir jusqu'à 0.15% d'azote minéral (NO_3^- et NH_4^+) leur incorporation au sol peut entraîner une augmentation immédiate de l'azote minéral du sol (ADEME, 2000), ont mis en évidence une augmentation du potentiel de minéralisation de l'azote du sol après application de compost et l'ont expliqué par l'ajout d'azote fixé aux substances humiques formées pendant le compostage.

II.11.2. Phosphore (P):

Les plantes prélèvent le phosphore sous forme d'ions H_2PO_4^- et HPO_4^{2-} . Le phosphore intervient dans la constitution de certains éléments structuraux essentiels à la vie cellulaire

(acides nucléiques, phospholipides), dans les échanges d'énergie (phosphorylation d'un composé organique) et dans de très nombreuses réactions métaboliques (réactivité de substrats ou changement de conformation réactionnelle de coenzyme). La disponibilité du phosphore apporté par le compost dépend de la nature du sol. En effet, le phosphore peut être immobilisé par adsorption sur des oxydes de fer et d'aluminium ou précipité lorsqu'une grande quantité est apportée. Un équilibre s'établit entre le phosphore minéralisé et le phosphore immobilisé, entraînant des disponibilités du phosphore très variables selon le type de sol (nombre de sites adsorption, pH).

II.11.3. Potassium (K):

Le potassium est absorbé par les plantes sous la forme ionique (K^+), très mobile, dissout dans le liquide intracellulaire, où il s'accumule à des concentrations jusqu'à trois cents fois supérieures à celles du milieu environnant. Son abondance et sa mobilité en font le cation le plus important pour la création de la pression osmotique et donc de la turgescence vacuolaire.

Les flux de potassium jouent un rôle important dans le contrôle des mouvements de cellules ou d'organes (ex. ouverture des stomates). De plus, il accompagne les anions dans leur accumulation et leur migration, notamment les ions NO_3^- jusqu'à leur réduction (racine ou feuille). Les ions K^+ s'échangent, aussi, facilement contre les ions H^+ émis par les pompes à protons, leur permettant de fonctionner en continu.

L'apport de potassium par le compost est généralement faible. CHEN et al. (1996) ont mesuré une concentration variant de 4 g/kg de MS pour les composts de boues, ce qui peut être limitant dans le cas d'un faible apport aux sols, jusqu'à 17 g/kg de MS pour les composts de fumier. Le compost de fumier est alors un bon fertilisant potassique et risque même de présenter un excès pour les plantes et d'engendrer un déséquilibre K^+/Mg^{2+} . Mais à l'inverse de l'azote et du phosphore, sa disponibilité est très grande, puisque pratiquement tout le potassium est disponible (FRANCOU, 2003).

II.12. Maturité des Composts :

II.12.1 Qu'est-ce que la maturité d'un compost :

La maturité : un produit mûr est un produit qui « a atteint son développement complet ». Or le Compostage est la transformation d'une matière organique très instable, c'est-à-dire fortement biodégradable, en une matière organique stable, c'est à dire d'une biodégradabilité similaire à celle de la matière organique d'un sol. Selon cette approche, un compost est mûr si sa matière organique est stable, cette condition étant nécessaire et suffisante. C'est à dire que tout compost Stable est un compost mûr. Le degré de maturité du compost est alors estimé par l'étude de la biodégradabilité de sa matière organique (Nicolardot *et al.*, 1982 ; Iglesias-Jimenez &

II.12.2. Critères d'évaluation de la maturité d'un compost :

Il existe de nombreuses méthodes pour apprécier la maturité des composts :

II.12.2.1. Stabilité biologique de la matière organique, une condition nécessaire de maturité:

Quelle que soit l'approche considérée, un compost mûr doit obligatoirement avoir une matière organique stable. Comme nous l'avons vu précédemment, la stabilité est l'opposée de la biodégradabilité.

La méthode de référence pour évaluer la stabilité d'un compost est le suivi de l'activité respiratoire d'un sol auquel le compost est incorporé. Cette activité respiratoire est généralement estimée par le dégagement de CO₂ au cours d'incubations à 25-30°C de composts préalablement séchés et homogénéisés (Robertson & Morgan, 1995 ; Bernal *et al.*, 1998 c; Garcia-Gomez *et al.*, 2003). Les composts immatures, riches en composés facilement biodégradables, entraîneront une minéralisation rapide du carbone durant les premiers jours d'incubation. Ceci conduit à penser que des incubations de 21 voire 7 jours peuvent être suffisantes pour évaluer le degré de stabilisation des composts (Morel *et al.*, 1986).

Les quantités de carbone minéralisé au cours des incubations dépendent de l'origine des composts (procédé et déchets) et de l'âge du compost, alors qu'une minéralisation de 17% obtenue avec un compost d'ordures ménagères âgé de 4 mois permet de considérer le compost mûr (Morel *et al.*, 1986). En 70 jours d'incubation, Bernal *et al.* (1998b) mesurent des minéralisations de 40% à 90% du carbone initial pour des composts de déchets ménagers

échantillonnés en début de compostage et considérés immatures, et de 10% à 40% pour les mêmes composts échantillonnés en fin de compostage et considérés mûrs. Ayuso *et al.* (1996) ne mesurent qu'une minéralisation de 10% du carbone apporté des déchets à base d'ordures ménagères et de boues, en 70 jours d'incubation. Les travaux mettent généralement en évidence les composts très instables dont l'incorporation au sol entraîne une très forte augmentation de l'activité microbienne et les composts très stables dont l'incorporation au sol ne modifie pas l'activité microbienne

II.12.2.3. Indicateurs basés sur l'évolution physique, chimique et biologique des composts :

• *Respirométrie :*

Les tests respirométriques sont basés sur l'activité respiratoire de la population endogène du compost.

Ils consistent à incuber du compost seul, ajusté à une humidité optimale pour l'activité microbienne, et à suivre durant 3 à 10 jours la minéralisation du carbone (Forster *et al.*, 1993 ; Iannotti *et al.*, 1994) ou la consommation de l'oxygène (Nicolardot *et al.*, 1986). Du fait de leur estimation directe de l'activité microbienne, les méthodes respirométriques sont considérées comme étant les méthodes d'évaluation de la maturité les plus fiables (Rynk, 2003).

• *Test d'auto-échauffement :*

Une des conséquences de l'intense activité microbienne au cours du compostage est la production de chaleur. Le degré de décomposition de la matière organique d'un compost peut donc se traduire par son aptitude à l'auto-échauffement. Le test d'auto-échauffement est actuellement utilisé comme indicateur de référence.

Il estime le niveau de stabilité de la matière organique d'un compost à partir de la température maximale obtenue par auto-échauffement d'un compost placé dans un vase isotherme DEWAR de 1.5L. Le test est réalisé sur du compost dont l'humidité est ajustée à un niveau correspondant à l'activité microbienne optimale. Un indice supérieur ou égal à quatre sur une échelle de cinq révèle un compost mûr (FCQAO, 1994). Ce test peut être considéré comme un test respirométrique (Rynk, 2003)

Le test d'auto-échauffement est un test facilement utilisable sur plate-forme de compostage et apparaît être le test le plus pratique pour déterminer la maturité d'un compost (Butler *et al.*, 2001).

● **Test Solvita :**

Basé sur la minéralisation du carbone et la volatilisation de l'ammoniac, il existe un test de maturité commercialisé sous le nom de test Solvita® (Woods Research® Management, USA). Ce test est réalisé sur du compost dont l'humidité est ajustée à un niveau correspondant à l'activité microbienne optimale. Il combine une estimation de la minéralisation du carbone et une estimation de la volatilisation de l'ammoniac du compost placé dans un flacon hermétiquement fermé de 200 ml, grâce à deux indicateurs colorés, qui renvoient à un indice Global. Un indice supérieur à 6, sur une échelle de 1 à 8, caractérise un compost mûr (Changa *et al.*, 2003).

II.12.2.4. Caractéristiques physico-chimiques classiques :

La grande majorité des travaux portant sur le compostage montre l'évolution des caractéristiques physico-chimiques classiques des composts au cours du compostage. Les caractéristiques pouvant être utilisées comme indicateurs de maturité sont le pH, la CEC (en liaison directe avec le pH), le rapport C/N et le rapport $\frac{N-NO_3}{N-NH_4}$

Les **pH** acides sont caractéristiques des composts immatures alors que les composts mûrs sont caractérisés par des pH compris entre 7 et 8 et une **CEC** supérieure à 60 meq/100g.

Le **C/N** est un indicateur très utilisé dans l'étude des composts. Le C/N diminue au cours du compostage et considèrent qu'une valeur inférieure à 25 caractérise un compost mûr, alors que Iglesias-Jimenez, considèrent qu'un rapport inférieur à 20 et même 15 est préférable. (Chen, 1994).

Le rapport $\frac{N-NO_3}{N-NH_4}$ est utilisé par certains auteurs comme indicateur de maturité. L'apparition des nitrates dans le compost peut être un indicateur de maturité et Finstein (1985) (cité par Iglesias-Jimenez & Perez-Garcia, 1989) définit le concept de maturité en termes de nitrification, le compost étant considéré mûr quand des quantités appréciables de nitrates apparaissent. Le rapport $\frac{N-NO_3}{N-NH_4}$ est cependant peu utilisé et les résultats trouvés sont très différents

II.12.2.5. Rapport d'humification (AH/AF) :

Le procédé de compostage étant un processus d'humification, des travaux se sont logiquement orientés vers l'étude de cette matière organique humifiée.

Le fractionnement chimique de la matière organique (en acides fulviques, humiques et humine) a conduit certains auteurs à calculer des indicateurs de maturité à partir des différentes fractions.

Le plus courant est le rapport de la fraction humique sur la fraction fulvique (CAH/CAF). Les études montrent une augmentation significative de ce rapport au cours du compostage (Saviozzi *et al.*, 1988).

Les résultats trouvés dans la littérature sont assez concordants avec des valeurs inférieures à 1 pour des composts immatures, et supérieures à 1 ou 3 pour les composts mûrs).

II.12.2.6. Autres critères relevés dans la littérature ;

Il existe des tests basiques simples pour déterminer la maturité des composts.

- La stabilisation de la température du compost traduit la fin de phase de dégradation intensive
- L'absence d'odeurs déplaisantes générées par l'émission de composés organiques volatiles lors de la phase de dégradation intensive peut également être utilisée.
- Le changement de couleur des déchets au cours du compostage a conduit certains auteurs à mettre en place des tests colorimétriques, soit directement à partir des composts (Sugahara *et al.*, 1979), soit sur des solutions de composts (Morel, 1982).

Mais ces tests ne s'appliquent en généralment que sur un produit donné et nécessitent le suivi de tout le procédé de compostage.

L'ensemble de ces tests simples apparaît trop peu généralisable et trop peu précis pour construire des indicateurs standards et très fiables de maturités

CHAPITRE I
LES
DECHETS
ORGANIQUEUS

CHAPITRE II
GENERALITES
SUR
COMPOSTAGE

CHAPITRE III

méthodologique

CHAPITRE IV

Résultats et discussions

III. Approche méthodologique :

III.1. Présentation du site d'étude :

Le compostage a été réalisé dans l'exploitation agricole de l'université de Mostaganem à la commune de Hassi Mamache qui se situe au nord-est de la wilaya de Mostaganem (à 20 km de Mostaganem), l'expérimentation a démarré le 10 février 2019.

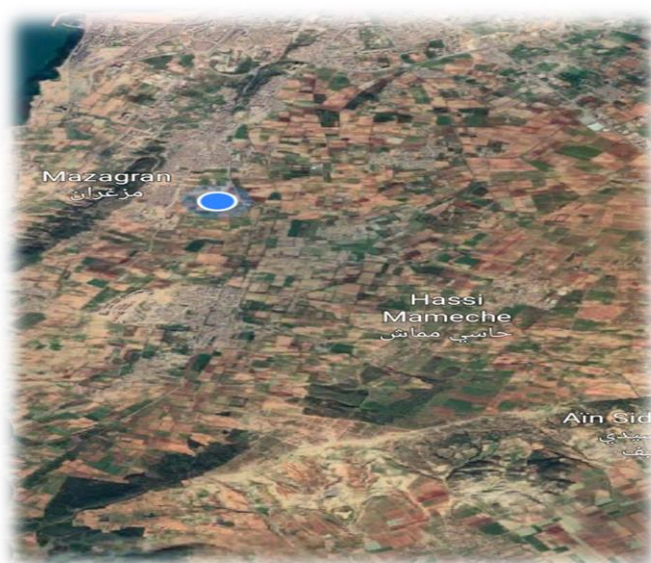


Photo 01 : le site expérimentation (Hassi Mamache Mostaganem)

Mostaganem bénéficie d'un climat méditerranéen semi-aride thermophile. Il y a peu de précipitations, quel que soit la période de l'année, à Mostaganem. La classification de Köppen-Geiger est de type BSk. Sur l'année, la température moyenne à Mostaganem est de 17.9 °C. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 347 mm

III.1.2. Diagramme climatique Mostaganem :

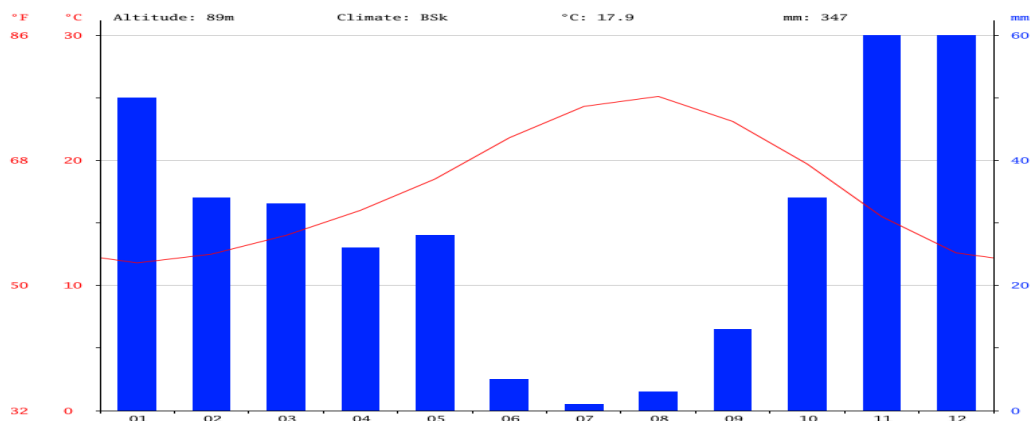


Figure 07 : Diagramme climatique Mostaganem

Une différence de 59 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. .C de variation sont affichés sur l'ensemble de l'année° 13.3.

III.1.3. Courbe de la température de Mostaganem :

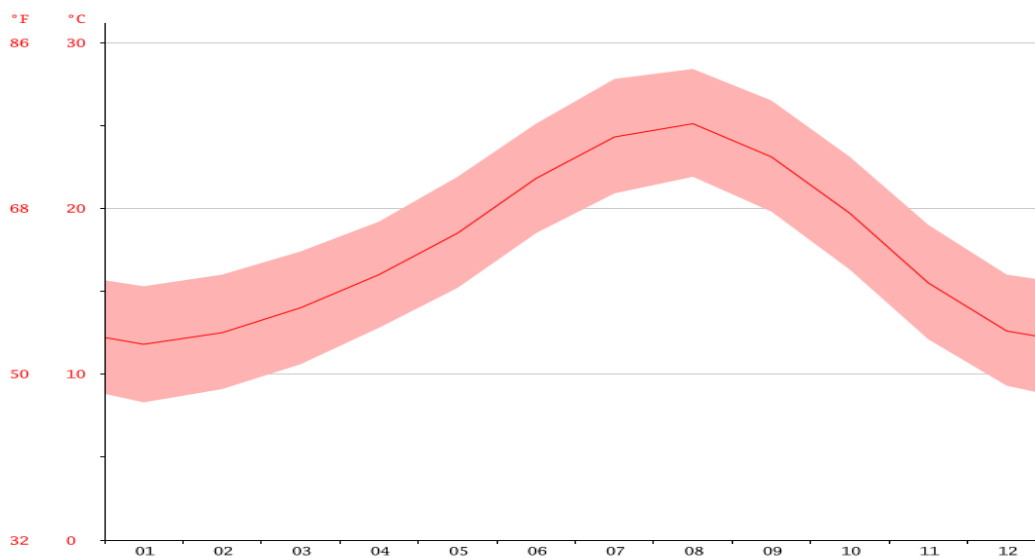


Figure 08 : Courbe de la température de Mostaganem

III.1.4. Tableau climatique de Mostaganem :

Mois	Température moyenne(C°)	Température moyenne(F°)	Précipitations (mm)
Janvier	11.8	53.2	50
Février	12.5	54.5	34
Mars	14	57.2	33
Avril	16	60.8	26
Mai	18.5	65.3	28
Juin	21.8	71.2	5
Juillet	24.3	77.2	1
Aout	25.1	77.2	3
Septembre	23.1	73.6	13
Octobre	19.7	67.5	34
Novembre	15.5	59.9	60
Décembre	12.6	54.7	60

Tableau 06 : Tableau climatique de Mostaganem

Une différence de 59 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide.

III.2. Etapes de confection du compost :

Selon MUSTIN (1987) les procédés de compostage composter.

Nous avons choisi le compostage anaérobie en andain parce qu'il est la plus utilisée par les agriculteurs.

- **Tri** : sert à séparer les matières organiques fermentescibles des autres matières retrouvées dans les déchets tels que le plastique, verre, caoutchouc...
- **Broyage** : sert à réduire la taille de la matière première grossière pour accroître les surfaces d'attaque et un maintien suffisant interstices entre les particules.

- **Mis en tas** : le broyat trempé seront ensuite mis sous forme de couches formant ainsi un andain. Les démentions du tas en fonction de la quantité du mélange disponible.
- **Homogénéisation** : il s'agit de mélanger les différents composants du tas pendant ou juste après la mise en tas du mélange. (MUSTIN 1987).

III.3. Dispositif expérimental :

La proportion du mélange initial est de (1/3, 1/3, 1/3) de broyat de déchets vert sec et de terre végétale et déchets ménagers. (Longueur 5 m, et d'un largueur de 1,5 m, la hauteur 1 m) couvrir par un film plastique pour garder la température et l'humidité et accélérer la biodégradation des matières carboniques .

Terre végétale	Déchets verts	Déchets ménagers
600 Kg	600 Kg	1200 Kg

Tableau 07 : préparation de matière organique.

III.3.1. Taille des haies et des arbustes :

La taille des haies et des arbustes à lieu toute l'année. La cisaille représente généralement le matériel utilisé



Photo 02 : La taille des haies et des arbustes



Photo 03 : Tracteur a remorque de benne



Photo 04 : Pelle et râteau



Photo05 : compresseur



Photo 06 : Brouette



Photo 07 : tare de pascalle



Photo 08 : Broyeur

III.4. Méthodologie :

Cette étude s'est focalisée sur le compostage des déchets verts et les déchets ménagers. Le compostage permet de valoriser ces bio-déchets pour former un produit stable : le compost. Le procédé de compostage étudié est un compostage en andains ou en tas élaboré sa plateforme. A travers cette étude nous avons tenté d'évaluer la production des déchets verts et déchets ménagers et leur valorisation par le compostage

Nous avons opté pour le mode de compostage par andains afin de vérifier le rendement de ce mode, et rendre compte de la gestion de l'espace de l'aire de fermentation.

- Nous avons suivi les étapes suivantes
- Préparation de la matière à composter
- Observation sur site
- Evaluation de la matière du compost
- Analyse au laboratoire (analyse des différents paramètres du compost)

III.4.1. Préparation de la matière à composter :

Nous avons procédé à :

- La réception des déchets verts

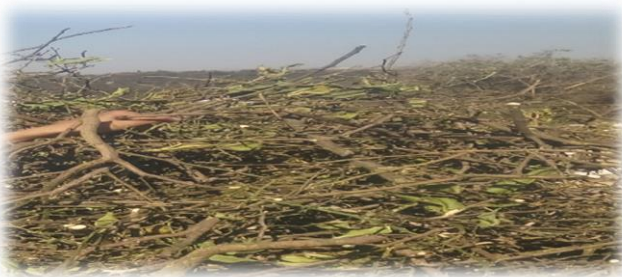


Photo 09 : La taille des haies et des arbustes

- Le broyage de ces déchets verts



Photo 10 : déchets verts après le broyage

- La mise en place des andains



Photo 11 : la plateforme du compostage



Photo 12 : mise en place du 1 andain

- L'arrosage :



Photo 13 : arrosage de lot du compostage

- Le retournement :



Photo 14 : le retournement

- Le criblage :



Photo 15 : criblage

- Le stockage du compost.

III.4.2. Les étapes de valorisation des déchets vert et déchets ménagers :

	Etape 01 Mise en place	Etape 02 Retournement	Etape 03 L'arrosage	Etape 04 Criblage
11 Février	×			
3 Mars		×		
24 Mars		×	×	
31 Mars			×	
07 Avril			×	
15 Avril		×	×	
21 Avril			×	
28 Avril			×	

05Mai		×	×	
12 juin				×

Tableau 08 : Les étapes de valorisation des déchets vert et déchets ménagers

III.5. Méthode d'analyse :

III.5.1. Observation sur site :

Afin de suivre l'évolution du processus de compostage, nous avons procédé régulièrement à des observations sur site au niveau des andains de compost par :

- L'observation visuelle
- Les tests de température
- Les tests d'humidité

III.5.1. 1. Observations visuelles :

L'observation visuelle est très importante pour évaluer les lots de compost aux cours du processus de compostage. On observe régulièrement la granulométrie et la couleur des lots mais aussi l'apparition des macroorganismes (champignon et insectes).

Nous avons fait des tests d'odorat afin de contrôler s'il n'y a pas de fermentation.

Les observations visuelles et les tests d'odorat permettent de déterminer la maturité du compost. Le compost mûr est de couleur très foncé, d'odeur de terre, souple au toucher, et dont on ne peut reconnaître à l'œil nu les composés d'origine.

Pour nos observations visuelles nous avons tenu compte des critères suivants : l'aspect du substrat, sa couleur, sa granulométrie, son odeur, son humidité, pourcentage de dégradation, hauteur du lot

III.5.1. 2. Tests de températures :

Les températures ont été relevées quotidiennement à l'aide d'un thermomètre à sonde pénétrante de 30cm de long (photo 16).

Pour les mesures de températures, la sonde du thermomètre est plongée dans le lot du compost à 50 cm à partir du sommet du lot. Nous avons creusé 20cm pour atteindre les 50cm de profondeur (figure 9).



Photo 16 : test de température

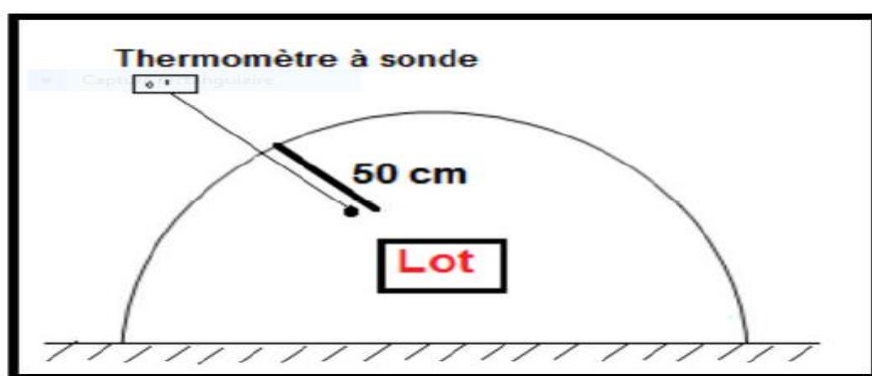


Figure 09 : Schéma illustrant le niveau de mesure de la température avec le thermomètre à sonde

III.5.1.3. Tests d'humidité

Ce test consiste à presser entre les mains un échantillon de compost prélevé au coeur de l'andain. En effet, si l'eau coule entre les doigts, l'humidité dépasse sensiblement 50%. Elle est jugée correcte si la main est légèrement mouillée. En revanche, si elle est quasi sèche, la teneur en eau est insuffisante (Anonyme, 2002 in Sangare, 1993)



Photo 17 : teste de l'humidité

III.6. Evaluation de la maturité du compost :

III.6.1. Analyses au laboratoire :

Nous avons réalisé nos analyses au laboratoire de pédologie au niveau de universités de Mostaganem.

Les analyses du broyat initiale et compost chaque semaine pendant trois mois du compostage ont été effectuées au laboratoire pédologie.

III.6.2. Echantillonnage :

La méthode utilisée est la méthode de l'échantillonnage par quartage. Nous avons réalisé des Échantillons au niveau de l'andain successivement au début pour le broyat, après chaque semaine pendant de 3 mois.

Nous avons effectué un nombre de prélèvements d'une façon uniforme sur l'ensemble du lot, à la surface et à différentes profondeurs, de façon à constituer un échantillon global qu'on Homogénéise parfaitement.

Nous avons défini 3 points dans l'andain pour faire nos prélèvements à des intervalles d'1m afin d'augmenter la représentativité de l'échantillon, tenant compte de l'hétérogénéité, surtout avant les premiers retournements de la matière à composter.

III.6.2.1. Préparation de l'échantillon :

➤ Constitution d'un échantillon global :

Nous avons suivi les étapes suivantes :

- Eviter la surface du lot (10 à 15 premiers centimètres), le fond du tas et les zones sèches ou trop humides ;
- Prendre à environ 50cm de profondeur ;
- Faire une tranchée à chaque mètre de longueur environ pour obtenir des prélèvements de même volume
- Combiner tous les prélèvements élémentaires dans un grand récipient propre.

III.6.3. Les paramètres analysés :

- Le pH.
- L'humidité.
- La matière organique et Le carbone organique.
- L'azote total.
- Calcium.

- Potassium (K₂O) ;
- Sodium (Na)
- Magnésium(Mg)

III.7. Caractérisations des paramètres physiques et chimiques :

III.7.1. Mesure de la température :

Avant le prélèvement d'un compost, la température est mesurée in situ à l'aide d'un thermomètre électronique équipé d'une sonde de pénétration.

III.7.2. Mesure du pH :

La mesure du pH est réalisée selon la norme internationale. Le pH est mesuré après mise en solution de 5g de l'échantillon dans 25 ml d'eau distillée. La méthode employée consiste à préparer une suspension de substrat séché, dilué dans 5 fois son volume d'eau (1/5),

Laisser en agitation pendant 5 mn puis faire reposer pendant au moins 2 heures .la lecture du ph se fait par un ph mètre. (SADAK ,2013)



Photo 18 :test de PH

III.7.3. Conductivité électrique :

La conductivité électrique (CE) est la mesure de la concentration des ions solubles afin d'apprécier la salinité du substrat. Elle est déterminée par conductimètre et elle est exprimée en (ms/cm) ou (mmhos/cm³). La norme internationale prescrit une méthode de sa mesure. Un échantillon de substrat est extrait avec de l'eau à $20 \pm 1^\circ \text{C}$ (Rapport d'extraction de 1/5 pour dissoudre les électrolytes).



Photo 19 :test de conductivité électrique

III.7.4. La capacité d'échange cationique :

III.7.4.1. Introduction :

La capacité d'échange cationique ou la capacité totale des cations est la quantité maximale de cations qu'un sol peut absorber (pour 100g de matière sèche).

III.7.4.2. La détermination de la C.E.C :

Selon la méthode de NESTON comprend trois étapes :

Saturation : l'échantillon est d'abord saturé en ions ammonium (NH_4^+) par percolation successive d'une solution d'acétate d'ammonium ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{NH}_4$) à 14mol/l Après avoir éliminé l'excès d'ions ammonium par percolation d'alcool éthylique.

III.7.4.3. Mode d'opérateur :

Peser 10g d'échantillon du compost, qui seront mélangés avec 10g de sable calibré aux environs de 1mm préalablement lavé à l'acide chlorhydrique (HCL) et à l'eau distillée.

- ✓ Introduire dans un tube de percolation
- ✓ Un tampon de coton suffisamment 0.4 g
- ✓ 10g de sable

Le mélange : 10g d'échantillon du compost + 10g de sable.

-Le mélange d'échantillon du compost +sable doit être le plus homogène possible.

-Percoler lentement, avec la solution de l'acétate d'ammonium 50ml on ouvre le robinet, on --
-laisse la percolation pendant 12h et on rajoute 100 ml de la solution précédente. (L'acétate d'ammonium) . On fait lavage de tube de percolation par l'alcool.

-faire couler la solution d'extraction en fermant l'orifice du tube de percolation.

-Laisser macérer au moins une nuit.

-Ouvrir le robinet de l'ampoule et l'office de l'écoulement.

-Régler le débit pour avoir 30 gouttes /mn.

-On recueille percolât dans une fiole de 250 ml. Quand la percolation est élevée, ajuster au volume avec l'acétate d'ammonium, homogénéiser et conserver en flacon bouché.

- Le percolât contient les actions échangeables qui seront dosés par spectrophotométrie à flamme ou absorption atomique.

-Effectuer un témoin dans les mêmes conditions.

-Eliminer l'axes d'acétate d'ammonium resté dans le tube de percolation par un lavage fractionné avec 100 ml d'éthanol 95 % (fraction de 20et 30 ml).

-Contrôler l'élimination de NH_4^+ au moins du réactif de Nesler.

-Utiliser la solution concentrée du KCL (74.55) avec an volume de 150 ml pour faire déplacer NH_4^+ , fixé sur la masse d'échantillon du compost.

Le filtrat est recueilli dans une fiole jaugé de 250 ml, ajuster et homogénéiser prélever une aliquote de 20ml et 4gouttes d'indicateur mixte.

-Doser l'ammoniaque par l'acide sulfurique (H_2SO_4 .0.05 N).

Remarque :

Si on trouve une précipitation jaune ça veut dire qu'il y'a encore l'acétate d'ammonium

On rajoute 33ml d'éthanol et on refaire les mêmes étapes pour la deuxième fois.



Photo 20 : mesure de CEC

Calcul :

$$\text{C.E.C} = (\text{V H}_2\text{SO}_4 - \text{V témoins}) * 2 * \text{N1} (150/20) *(100/10)$$

III.7.5. Matière organique et dosage du carbone :

III.7.5.1. Préparation des solutions :

- ❖ Dichromate de Potassium ; peser 49.04 g de $K_2Cr_2O_7$ dans 1l d'eau distillé
- ❖ Sel de Mohr : peser 78.1 g 980 ml d'eau distillé +20 ml acide Sulfurique H_2SO_4
- ❖ Phelanine Alanine : 1 g +40 ML d'eau distillé +60 ml H_2SO_4

III.7.5.2. Mode opératoire :

- Peser 0.5 g d'échantillon mais l'échantillon dans la fiole et ajouter 10 ml de Dichromate de potassium après ajouter 15 ml de d'acide sulfurique.
- Mais les fioles dans bain sable à 60° ferme les fioles avec des vertes mentes.
- Laisser pour l'attaque froide jusqu'à la formation de la première goutte, après quand la goutte tombée, laisser 5 mn.
- Laisser les fioles refroidir puis verser le contenons dans fioles jaugés et compléter le volume Jusqu'à 100 ml avec l'eau distillé.
- Fermer les fioles avec des bouchons, agiter, laisser reposer jusqu'à la formation couche clair.
- Prend 20 ml de cette premier couche clair, en mais dans un bécher à 100 ml.
- Ajouter 2 gouttes de Phelanine Alanine et mélanger en faire le titrage avec Sel de Mohr (virage de couleur violet vers vert).



Photo 21 : dosage de carbone et matière organique

Calcul : $C \% = (V_0 - v_1) \times 0.615$, $V_0 =$ témoin et $V_0 =$ d'échantillon couche claire

$$MO\% = c\% \times 1.72$$

III.8. Dosage de l'azote :

L'azote (N) est dosé par la méthode de Kjeldhal dont le principe repose sur l'attaque de l'échantillon par l'acide sulfurique concentré (H_2SO_4). Le dosage d'azote repose sur le principe décrit dans ce qui suit. Dans chaque matras à digestion, on introduit 0.1 g du compost et 20 ml d'acide sulfurique concentré et 2,5 de catalyseur on place le matras dans le digesteur $^{\circ}C$ ou la couleur devient verte ; c'est la phase de minéralisation.

Après refroidissement, on transverse le tout dans une fiole jaugée à 100ml et on complète le tout jusqu'au trait de jauge 100 ml par l'eau distillée.

On prend 20 ml de la solution initial (digestion dans une solution d'acide sulfurique) ajouter 20 ml NaOH, le tout dans le ballon de distillation, porter sur l'appareil de distillation, dans le ballon récupération de distillat, verser 20 ml d'acide borique, c'est la phase de d' distillation.

Titrer distillat par H_2SO_4 .

Remarque : la couleur devient bleu foncé vert après titrage devient rouge

Calcul :

$$N \% = \frac{V \text{ chute} \times 7 \times 10^{-4} \times 100}{20 \times 100} / 0.01$$



Photo 22 : Dosage de l'azote

III.9. Rapport C/N :

Une fois le taux de carbone et d'azote sont déterminés on peut déduire le rapport C/N.

IV. Résultats et discussions :

IV.1. Suivi du compostage :

IV.1.1. Compost obtenu :

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

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

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

	Poids brut Avant compostage	Poids compost Après criblage (D<5mm) biodégradé	%	Poids du refus (non biodégradé) (D>5mm)	%
Déchets ménagers et déchets verts	2400 kg	1029 kg	42.87	368 kg	15.33

Tableau 9 : évolution des poids au cours de compostage

En termes d'efficacité, le compost à partir des déchets ménagers et déchets verts est plus efficace : 42,87% du poids brut est transformé en humus de diamètre moyen < à 5 mm, correspondant à un humus stable de bonne qualité physique. Par contre on note un pourcentage assez élevé (15,33 % de refus diamètre supérieure à 5 mm), ceci est à attribuer certainement au fait que les déchets non pas été triés avant compostage.

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.

IV.1.2. Aspects physiques et chimiques :

IV.1.2.1. Evolution de PH :

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ph	8.5	8.1	8.7	8.8	8.9	8.4	9.1	8.7	8.6	8.4	8.1	7.9	7.8	7.8	7.81

Tableau 10 : Evolution de PH

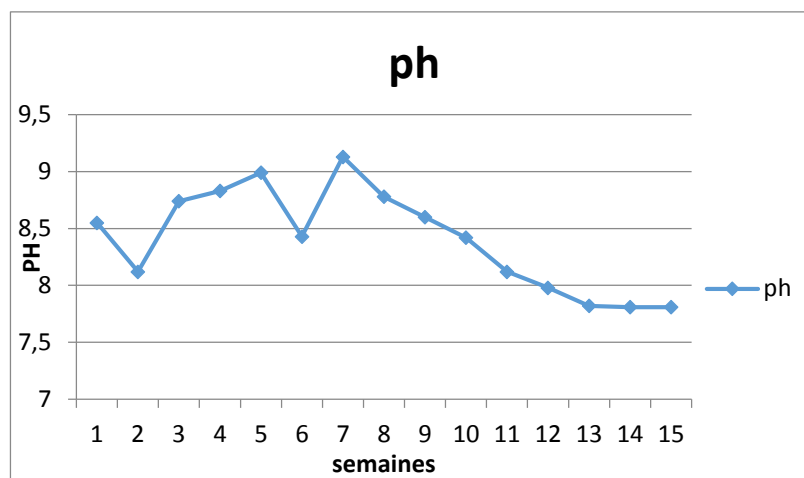


Figure 10 : Evolution de la température dans le lot de compost au cours du processus de compostage

D'après la courbe de l'évolution du PH au cours du processus du compostage (figure 3) il parait que le pH dans le milieu étudié varie au début et à la fin du compostage, le traitement a la première moitié a un PH basique situé entre 8 et 9.13.

Ce PH basique favorise le développement des bactéries alcalines (mustin 1987) qui détermine la phase de décomposition.

Pour arriver à la deuxième moitié a une valeur entre 8.60 et 8.12 il est a remarqué qu'a partir de 75^{ème} 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 PH rapproche de la neutralité 7.81 comme rapporté par GODDEN (1986) ET GOBAT et ALL (1998).

Or l'acidification de milieu est imputable une acidification incomplète de la matière organiques conduisant à la production des acides gras organiques en conditions anaérobies.

La diminution de la température avec le temps peut être causée par le ralentissement de l'activité microbienne. Ce ralentissement peut être lié à la stabilisation de la matière organique du compost qui peut être définie comme l'augmentation de sa résistance à la biodégradation.

IV.1.2.2. Evolution de température :

Semaines	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C°	25.66	56.53	36.66	31.61	27	48.5	36.5	25	42

10	11	12	13	14	15	16
34.5	31.8	33.9	33.2	32.8	32.5	32.5

Tableau 11 : Evolution de température

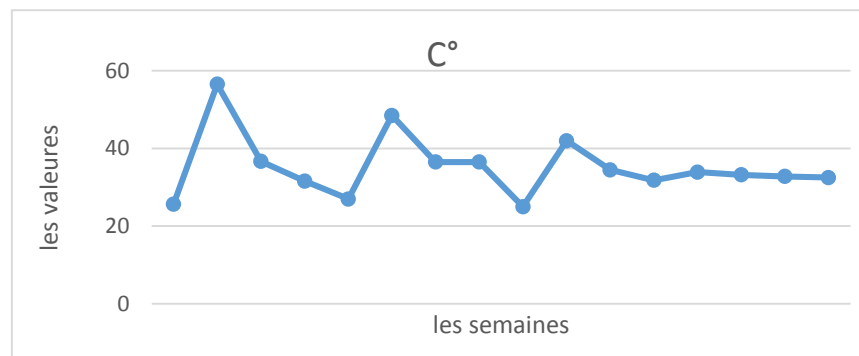


Figure 11 : Evolution de la température au cours du compostage.

L'évolution de la température traduit une bonne évolution de processus de compostage, par succession de deux phases d'activité microbologique.

- Phase de stabilisation caractérisée a une élévation de la température jusqu'à une température maximale de 56.33 c° à correspondront à la dégradation des composés organiques simples.

- Phase de maturation caractérisée par une diminution de la température et correspondront à la dégradation des molécules lignocellulosiques, et processus de l'humification.

	Température	Type de décomposition	Effets sur les germes pathogènes
1	<40°C	Fermentation froide	Virulence intacte pas d'effet désinfectant.
2	40 à 50°C	Fermentation à température moyenne	Désinfection biochimique
3	50 à 65°C		Désinfection biophysique
4	65 à 80°C	Fermentation à chaud	Désinfection thermique

Tableau 12 ; Hygiénisation du compost en fonction de la température (adapté de Knoll, 1969 In Heynitz, 1985)

IV.1.2.3. Humidité :

Dans les premiers mois de compostage et avant le retournement, nous avons remarqué qu'il y a une différence d'humidité en fonction de la hauteur du lot. Selon le profil que nous avons réalisé :



Photo 23 : Différence d'humidité en fonction de la hauteur, on observe quatre zones (1, 2, 3 et 4) du sommet à la base (photo 23).

Zone 1 : au niveau de la surface de l'andain, qui représente environ 10% de la hauteur, où le substrat est sec par l'effet des conditions climatiques (vent et température).

Zone 2 : zone à moyenne humidité, qui représente environ 30% de la hauteur. Cette humidité est vraisemblablement le résultat de la granulométrie grossière de la zone 1 qui lui assure une bonne aération et la protège contre le dessèchement.

Zone 3 : qui représente environ 40% de profondeur à très faible humidité. Nous avons observé au niveau du lot un tassement qui empêche l'eau de circuler vers les parties les plus basses. Au niveau de cette zone la décomposition est très faible.

Zone 4 : elle représente environ 20% de profondeur. Contrairement à la zone 3, cette zone est très humide à cause de la stagnation de lixiviat de l'arrosage à la base de l'andain. Au niveau de cette zone, nous avons observé des filaments blancs de champignons qui peuvent être un signe de fermentation anaérobie.

Le maintien d'une humidité adéquate est nécessaire au bon déroulement du processus de compostage (Mustin, 1987). Cette humidité doit se maintenir à des taux de 50 à 60%, pour se faire, les arrosages des lots de compost sont nécessaires pour contrebalancer les pertes d'eau. Ces pertes sont dues essentiellement aux réactions exothermiques de fermentation, aux conditions climatiques et au retournement des andains (Heynitz, 1985).

IV.1.2.4. Matière organique et carbone organique :

Calcul :

Echantillon 01 :

Carbone : $C\% = (V_T - V_E) * 0.615$, $V_1 = 7.8$ ml

$C\% = 6.75\%$

Matière organique : $MO\% = c\% * 1.72$

$MO\% = 11.6\%$

Echantillon 02 :

Carbone : $C\% = 5.85\%$, $V_2 = 8.1$ ml

Matière organique : $MO\% = 10.05\%$

Échantillon	C%	MO%
Echantillon 01	6.75%	11.6%
Echantillon 02	5.85%	10.05%

Tableau 13 : valeur de C % et MO %

Le lot de compost présente une valeur de matière organique qui varie en fonction du Degré de la biodégradation du substrat.

La matière organique du compost est un indicateur de la bonne qualité de compost (Mustin, 1987). Ceci est aberrant car le compostage, en tant que processus biochimique, Consistes-en une biodégradation du carbone organique et donc en une diminution de la teneur En matière organique.

A partir de la gamme de stabilité des matières organiques des composts suivant le Taux de carbone organique en condition contrôlé (température et humidité durant 3 mois), Nous avons établi le tableau ci-après :

Niveau de stabilité du compost	Taux de carbone organique après 3 mois (% brut)	Degré de maturité de Compost
Compost très stable	[0 ; 10]	Maturité très élevée
Compost stable	[10 ; 15]	Maturité élevée
Compost moyennement Stable	[15 ; 20]	Maturité moyenne
Compost instable	[20 ; 30]	Maturité faible
Compost très instable	>30	Maturité très faible

Tableau 14 : Définition des classes de maturité des composts à partir de la production du Carbone organique total après trois mois de compostage (Francou, 2003 in Annabi, 2005).

	Taux de carbone organique après 3 mois de compostage (% brute)	La gamme de stabilisationen (% brute)	Niveau de stabilité de compost	Degré de maturité du compost
Compost	6,3	[0 ; 10]	Compost très stable	Maturité très élevée

Après trois mois de compostage, nous constatons que la classe de maturité du compost est [0 ; 10] car le taux de carbone organique est de 6,3. On a un compost très table, donc il Est mûr.

IV.1.2.5. Conductivité électrique :

Echantillonnage	Départ	Milieu	Fin
CE (ms/cm)	3.65	2.7	1.93

Tableau 15 : Evolution de CE

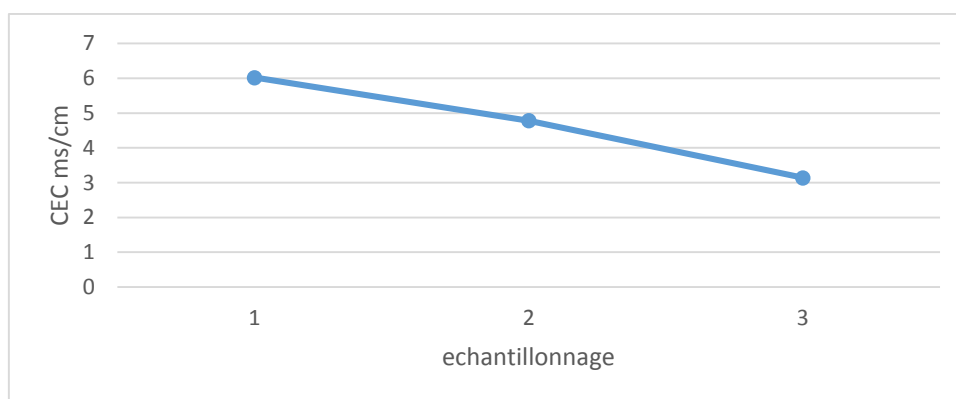


Figure 12 : évolution de CE

L'évolution de la CE (figure 12) montre que les différents tests de premier mois partent d'une valeur entre 3,65 et 1,93 ms/cm cette valeur est assez élevée est peut s'expliquer par la salinité des matériaux de départ environ de 60^{ème} jours du compostage, il est à remarquer que les tests qui avaient au départ une salinité, la diminution de la salinité peut s'expliquer par le lessivage des sels suite aux précipitations d'arrosage , ces composts ce ceux qui perdent la matière pendant l'expérimentation.

La conductivité électrique est fortement indépendante de son contenu en nutriments et il est probable que l'humification de la matière organiques augmenter la force des liaisons entre les cations des minéraux et complexe organiques stable.

Cependant on observe que le compost ne dépasse la valeur de la salinité 3 ms/cm utilisés de bon engrais (SOIMMARE ET AL 2003.).

IV.1.2.6. Capacité des échanges cationique :

Calcule :

$$CEC = (V \text{ H}_2\text{SO}_4 - V \text{ Témoins}) \times 2 \times 0,05 \times (150/20) \times (100/10)$$

Echantillon	V : H ₂ SO ₄	V : T	CEC(meq/100g)
1	1,2	0,2	12
2	2	0,2	13,5

Tableau 16 : la valeur de La capacité d'échange cationique

La capacité d'échange cationique, (meq/100g MO), est la quantité de cations échangeables qu'un substrat peut adsorber par unité de masse.

La CEC augmente généralement au cours de la phase de fermentation, puis se stabilise. L'augmentation traduit une réorganisation de la matière organique dont la masse globale diminue contribuant ainsi à une concentration des sites échangeurs de cations. MATHUR et al. Rapprochent cette évolution de la synthèse des substances humiques, dont la CEC est très forte. Si l'évolution de la CEC, semble bien reliée à un processus de stabilisation de la matière organique, ce paramètre auparavant ne peut être utilisé comme un indicateur de stabilité, car sa valeur varie en fonction de l'origine des composts. D'un point de vue agronomique, la connaissance de la valeur de CEC est néanmoins intéressante, puisqu'une forte CEC permettra d'éviter la lixiviation des cations (Na⁺, Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺) après incorporation dans le sol.

La capacité d'échange cationique			
Faible	Moyen	Important	Très élevés
5-8meq/100g	8-15meq/100g	15-25meq/100g	25-40meq/100g

Tableau 17 : Valeur moyenne du réservoir de fertilité de la CEC (optimum 11 à 19).

Remarque :

Capacité des échanges cationique de ce composte est 12.75meq/100g elle est moyen.

La CEC évolue dans le même sens que le PH du fait de la libération de charge négative avec l'augmentation du PH.

La CEC augment au cours du compostage et atteint des valeurs supérieures à 30mes/100g.

IV.1.2.7. Les minéraux :

Les minéraux peuvent être classés en deux groupes différents selon leur Intérêts. Ainsi on distingue des minéraux qui sont des indicateurs de la Qualité environnementale des composts comme le fer, le manganèse, le zinc Et le cuivre. Un excès de ces minéraux peut représenter une forme de Pollution et de dégradation de la qualité chimique du compost.

L'autre groupe est celui des minéraux à intérêt agronomique tel que le potassium, le calcium et le magnésium qui sont des indicateurs de la valeur fertilisante du compost.

	NA+(mg/l)	NA+(meq/100g)	K+(mg/l)	K+(meq/100g)
Echantillon 1	53.80	1.16	100.20	3.776
Echantillon 2	51.80	1.03	100.70	3.795

	Ca++(mg/l)	Ca++(meq/100g)	Mg++(mg/l)	Mg++(meq/100g)
Echantillon 1	135.5	9.90	26.32	3.25
Echantillon 2	148.4	10.86	21.24	2.62

Tableau 18 : les valeurs des différents éléments fertilisants

IV.1.2.8. Evolution d'azote :

Calcul :

$$N\% = V \text{ Chute} \times 7 \times 10^{-4} \times 100 / 20 \times 100 / 0,1$$

Echantillon	1	2
Evolution d'azote %	1,75%	1,4%

Tableau 19 : valeurs d'azote %

L'analyse de la variance de la teneur en azote totale a montré des résultats très

Hautement significatifs. En effet, cette teneur présente une diminution pendant les trois Premiers mois de compostage. Cette teneur a été évaluée de 1,75%,1.4%.

Lors du compostage, une partie de l'azote organique des déchets est minéralisée.

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).

IV.1.2.9. Evolution du rapport Carbone/azote(C/N)

Le rapport C/N contrôle l'équilibre microbologique du sol. C'est le paramètre le plus communément mesuré pour évaluer la maturité d'un compost (COMPAORE ET NANEMA, 2010).

Les résultats obtenus du compostage ont montré que le rapport C/N diminue au cours du processus de compostage du 4.82. Au cours du processus de compostage, le Rapport C/N diminue suite à la libération du carbone sous forme de CO_2 (Mustin 1987).

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.

La synthèse bibliographique que nous avons travaillée a montré qu'un grand nombre d'études préconisent la valorisation des déchets organiques « déchets verts et déchets ménagers » par la technique du compostage permettant la production d'un amendement organique riche en matière organique stable et humifiée.

Ce procédé aérobie se déroule suivant deux phases principales. La première est caractérisée par une forte activité biologique en début de compostage, engendrant une forte minéralisation des matières organiques et une élévation de la température. La seconde est une phase de maturation pendant laquelle les processus d'unification engendrent une stabilisation de la matière organique.

La voie naturelle de valorisation par compostage comporte nombreux avantages notamment la réduction des volumes de déchets, l'hygiénisation et la stabilisation de la matière organique, l'incorporation de compost aux sols s'avère efficace pour lutter contre la dégradation de la surface des sols et améliorer sa porosité et sa structure.

Le compostage est la transformation d'une matière organique très instable et fortement biodégradable en une matière organique stable (Leclerc, 2001).

Cette étude nous a permis de caractériser le changement des paramètres physico-chimiques sur le déroulement du processus de compostage. Le compost est constitué essentiellement de déchets ménagers de déchets verts et déchets ménagers.

Résultats que nous avons obtenus montrent que la température du compost suit la température ambiante durant les 44 jours du compostage puis elle augmente jusqu'à 55°C. Le pH tend vers la neutralité 7,81 à la fin du processus de compostage.

En parallèle, on remarque une diminution du taux de la MO à la fin du compostage qui est de 11.6 % pour le rapport C/N est de 4.82 qui indique un taux de minéralisation de la MO très important.

Références bibliographiques

- ADEME, 2001.** "Déchets organiques - Essai agronomique de plein champ d'un compost des Déchets verts (résultats 8e année d'expérimentation)." Paris, France.
- ADEME, 2008.** Guide pratique sur le compostage. ADEME édition, Paris, 20 pages.
- Aloueimine S.O., Matejka G., Zurbrugg C., SIDI M. et MEO, 2006.** Caractérisation des Ordures ménagères à Nouakchott – Partie 2 :« Résultats en saison sèche et en saison humide » Déchets, Sciences et Techniques n° 44, décembre 2006.
- Anonyme, 2002.** Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management 7-10, Tunis (EPCOWM, 2002), p.349-356.
- Anonyme, 2008.** Les matières organiques du sol : rôle, risques et enjeux. Colloque de Restitution du programme GESSOL2. Paris. 57p.
- Anonyme.** Feriana environnement. Exemple de remise en état : carrière de calcaire, (SOTACIB de Feriana),
<http://www.edunet.tn/ressources/sitetabl/sites/kasserine/Feriana/feriana/environnement.htm>.
- Anonyme1, 2012.** Les sols en Algérie.
- Anonyme2, 2012.** Les déchets verts.
- Anonyme3, 2012.** L'aide-mémoire du guide composteur, ecoconseil@ville.namur.be.
- Anonyme1, 2013.** ITV France.les rôles de la matière organique.
- Anonyme2, 2013.** [Le compost : Comment ça marche ?](http://www.info@compostage.info), www.info@compostage.info.
- Anonyme3, 2013.**Le compostage, www.compostage.info.
- Bachelier G., 1963.** La vie animale dans le sol ; article ; 279p. Paris.
- Berger M., 1996.** L'amélioration de la fumure organique en afrique soudao-sahélienne, Collection, agriculture écosystème et développement, n°hors-série, fiche 1-8
www.ecopatrouille.org.
- Biddlestone A. J. et Gray K. R., 1976.** Le compostage au jardin, Edition Edisud, p.23.
- Bolan N. S., Adrianob D. C., Natesana R. et Koob B. J., 2003.** Effects of Organic Amendments on the Reduction and Phytoavailability of Chromate in Mineral Soil. Journal of Environmental Quality 32, 120-128.
- Bonin g., 2006.** Connaissance des sols- introduction à la pédologie. P10 ,11.
- Bresson L. M., Koch C., Le Bissonnais Y., Barriuso E. et Lecomte V., 2001.** Soil surface Structure stabilisation by municipal waste compost application. Soil Science Society of America Journal 65, 1804-1811.
- Bustamante M. A., Paredes C., Marhuenda-Egea F. C., Perez-Espinosa A., Bernal M.**

- P. et Moral R., 2008.** Co-composting of distillery wastes with animal manures: Carbon and nitrogen transformations in the evaluation of compost stability. *Chemosphere*, 72 : 551–557.
- Cadorin P., 1995.** Calendrier lunaire de l'agriculteur, Edition de Vecchi. s. a. Paris, p.140.
- 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.
- Chakroune K., Bouakka M. et Hakkou A., 2005.** Incidence de l'aération sur le traitement Par compostage des sous-produits du palmier dattier contaminé par *fusarium oxysporum f.sp. albedinis*, Edition CNRC, Canada, pp.69-77.
- Charnay F., 2005.** Compostage des déchets urbains dans les PED : Elaboration d'une Démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de Doctorat N° 56. Université de Limoges.
- Damien A., 2004.** "Guide du traitement des déchets, 3ème édition." Paris, France.431.
- Duchaufour P., 1977.** Pédologie. Pédogénèse et Classification, Masson/Ed., Paris, New York, Barcelone, Milan, Mexico, Sao Paulo.
- Duchaufour P., 1983.** Pédologie et classification. Ed. Masson. 491p
- Feller C. et Beare, 2004.** Influence of land use on the characteristics of humid substances. *European Journal of Soil Science* Volume 56, 343 - 352.
- Francou C., 2003.** Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets Urbains : influence de la nature des déchets et du procédé de compostage-recherche D'indicateurs pertinents- thèse de doctorat de l'institut national agronomique paris-grignon, Décembre 2003, 242p.
- Francou C., 2003.** Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets Urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage – Recherche D'indicateurs pertinents, Thèse de Doctorat, Institut national agronomique Paris-Grigon, 289p.
- Frédéric Guérin.** Le compost, www.composthumus.com.
- Garcia A. J., Esteban M. B., Marquez M. C. et Ramos P., 2005.** Biodegradable municipal solid waste: Characterization and potential use as animal feedstuffs; *Waste Management* 25 (2005) 780–787.
- Gobat J., Aragno M. et Matthey W., 2003.** Le sol vivant, base de pédologie. *Biologie des Sols*. Ed. Presses polytechniques et universitaires romands. Lausanne. 549p.
- Gray K. R., Sherman K. et Diddlestone A. J., 1973.** A review of composting. Part1. *Process biochem.* 32-36.

Guitttonny-Larchevêque M., 2004. Valorisation d'un compost de boues urbaines en garrigue Pour le reboisement : Comportement des jeunes arbres d'une plantation et modifications de la Dynamique de la végétation naturelle après amendement, Thèse de Doctorat, Université Paul Cézanne.

Hamer, G., 2003. "Solid waste treatment and disposal: effects on public health and environmental safety." *Biotechnology Advances*.

Haug R.T., 1993. *The practical handbook of compost engineering*, Boca Raton, Florida. 717.

Heynitz K.V., 1985. *Le compost au jardin*, Edition Terre vivante, paris, p.125.

Houot, S., Rose, J., 2002. « Déchets (agricoles, urbains, industriels) », Prospective SIC 2002 Synthèse de l'atelier n° 8 ; Division « Surfaces et Interfaces Continentales » ; INSU.

J. Grandeau, 1890. *Le compostage des déchets verts*, direction de la station agronomique de L'est, France.

Journal officiel de la République Algérienne n°77 du 15 décembre 2001, p8-15 loi n°01-19 du 27 ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001, relative à la gestion, au Contrôle et à l'élimination des déchets.

K. Edem KOLEDZI, 2011. Valorisation des déchets solides urbains dans les quartiers de Lome (TOGO): approche méthodologique pour une production durable de compost, thèse Doctorat, université LOME, p224, p 33-p34.

Kelly E.J., 2002. *Solid Waste Biodegradation Enhancements and the Evolution of Analytical Methods Used to Predict Waste stability*, Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.

Kelly E. J., Novak J. T., Prillaman N., Shearer B. D., Goldsmith C. D et Hater G.R., 2002. Relationships between analytical methods utilised as tools in the evolution of landfill bioreactor stability, 37 pages.

Kochtizky O. W., Seaman W. K. et Wiley J. S., 1969. Municipal composting research at Johnson City, Tennessee. *Compost SCI*. 5-16.

Larbi M., 2006. Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des Plantes contre les maladies fongiques. Thèse, Institut de recherche de l'agriculture biologique FiBL, CH-Frick; l'Université de Neuchâtel. <http://orgprints.org/8935/>

Leclerc B., 2001. Guide des matières organiques.eds guide technique de l'ITAB.

Liang, C., Das, K.C., Mc Clendon, R.W., 2003. "The influence of temperature and moisture Contents regimes on the aerobic microbial activity of a solids composting blend." *Bioresource Technology*.

- Li M ; Xiang J., Hu S., Sun L. S., Su S., Li P. S. et Sun X.X., 2004.** Characterisation of solid residues from municipal solid waste incinerator, (2004) 1397 – 1405.
- Mohee R., 2002.** Assessing the recovery potential of solid waste in Mauritius; Resources, Conservation and recycling.
- Mokrani Djaouida, 2010.** Etude de la matière organique sur les serres hydriques, de deux Types de sols de la baie de Bejaia, Mémoire d'ingénieria, Université A. MIRA, 60p, Bejaia.
- Morel R., 1996.** Les sols cultivés, 2ème Ed, technique & documentation, 389p.
- Mustin M., 1987.** Le Compost, Gestion de la Matière Organique, F. Dubusc eds, , Paris.
- Pagliai M., Vignozzi N. et Pellegrini S., 2004.** Soil structure and the effect of management Practices. Soil and Tillage Research 79, 131-143.
- Pépin D., 2008.** Le compostage et paillage au jardin : recycler, fertiliser, Edition Terre Vivante.
- Peters S., Koshinsky S., Schwieger F. et Tebbe C. C., 2000.** Succession of microbial communities during hot composting as detected by PCR-single-stran-conformation polymorphism-based genetic profiles of small-subunit rRNA genes. Appl. Environ. Microbial. 66 : 930-936.
- Puyuelo, B., Gea, T., Sanchez, A., 2010.** A new control strategy for the composting process based on the oxygen uptake rate. Article in press Chemical Engineering journal (2010), doi: 10.1016/j.cej.2010.09.011.
- 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".
- Sangare A., 1993.** Le compostage, fiche technique. IER / SOTUBA (Bamako).
- Sidi Ould Aloueimine, 2006.** Méthodologie de caractérisation des déchets ménagers à Nouakchott (Mauritanie) : Contribution à la gestion des déchets et outils d'aide à la Décision, thèse doctorat, université de Limoge, Maroc.
- Smars, S., Gustafsson, L., Beck-Friis, B., Jonsson, H., 2002.** "Improvement of the composting time for household waste during an initial low pH phase by mesophilic temperature control."
- Soltner D., 2006.** Aujourd'hui les composts pour un autre jardinage, Edition Scienco et thechnique Agricoles, p.10.
- Soudi B., 2005.** Le compostage des déchets de cultures sous serres et de fumier, Bulletin Mensuel d'Information et de Liaison du PNTTA.

- Stentiford, E. I., 1996.** "Diversity of composting system." In Science and Engineering of Composting, de Bertoldi et al. ed. (Blackie Academic and Professional, Bologne).
- Unmar G. et Mohee R., 2008.** Assessing the effect of biodegradable and degradable plastics On the composting of green wastes and compost quality Bioresource Technology (2008) 6738–6744.
- Vignerot J., 1967.** L'arrosage et les propriétés physiques du sol. Ingénieur au service des Sols à la C.N.A.B.R.L bas Rhône Languedoc.
- Waas, E., Adjademé, N., Bideaux, A., Deriaz, G., Diop, O., Guené, O., Laurent, F., Meyer, W., Pfammatter, R., Schertenleib, R., Touré, C., 1996.** "Valorisation des déchets Ménagers organiques dans les quartiers populaires des villes africaines." Genève, Suisse, SKAT.142.
- Wong J. W. C., Ma K. K., Fang K. M. et Cheung C., 1999.** "Utilization of manure compost For organic farming in Hong Kong." Bioresource Technology
- Yobouet Y. A., Adouby K., Trokourey A. et Yao B., 2010.** Cadmium, Copper, Lead and Zinc speciation in contaminated soils International Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 2(5), 2010, 802-812.
- Yu H. et Huang G. H., 2009.** Effects of sodium acetate as a pH control amendment on the Composting of food waste. Bioresour. Technol., 100: 2005–2011.
- Yobouet Y. A., Adouby K., Trokourey A. et Yao B., 2010.** Cadmium, Copper, Lead and Zinc speciation in contaminated soils International Journal of Engineering Science and Technology. Vol. 2(5), 2010, 802-812.
- Youcai Z., Stucki S., Ludwig Ch. et Wochele J., 2004.** Impact of moisture on volatility of heavy metals in municipal solid waste incinerated in a laboratory scale simulated incinerator; Waste Management xxx (2004) xxx-xxx, Article in Pressa ;
- Zurbrugg C. et Ahmed R., 1999.** "Enhancing Community Motivation and Participation in Solid Waste Management" SANDEC News 4.
- ATTRASSI. B, KRIMOU.D et MRABET. L., 2007-** Etude de la valorisation agronomique des composts des déchets ménagers, Revue de Microbiologie Industrielle Sanitaire et Environnementale. N°1.
- BAYARD. R, GOURDON.R., 2007-** Traitement biologique des déchets. Edition : Techniques de l'ingénieur.

BEN AYED L., HASSEN A., JEDIDI N., SAIDI N., BOUZAIANE O., MURANO F., 2005- Caractérisation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours d'un cycle de compostage d'ordures ménagères. Déchets - revue francophone d'écologie industrielle - n° 40.

GIROUX. M., AUDESSE. P., 2004- Comparaison de deux méthodes de détermination des teneurs en carbone organique, en azote total et du rapport C/N de divers amendements organiques et engrais de ferme. Agrosol, production animale. P107-110. www.irida.qc.ca.

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 of science degree mediterranean organic agriculture.

The objective of composting is to improve the physico-chemical and biological quality of manure to make it a valued product that can be used in agriculture.

. From this work, we followed the composting process for a period of three months from February to May to assess the quality of compost produced, By analyzing the following parameters: Humidity, pH, organic matter content, organic carbon content, nitrogen and various nutrients. We opted for windrow composting to verify the performance of this mode, and report on the management of the fermentation area space. The pH reached 7.81 after 3 months of composting. The compost obtained has a fine fraction 2 mm It contains carbon contents 6.75%, organic matter 11.6%. 1.4% Nitrogen, Phosphorus, Potassium and CN Acceptable 4.82 This value shows that the compost obtained and walled from international standards.

L'objectif du compostage est d'améliorer la qualité physique- chimiques et biologique du fumier pour en faire un produit valorisée et utilisable en agriculture.

A partir ce travail, Nous avons effectué un suivi du processus de compostage pendant une durée de trois mois allant de février à Mai afin d'évaluer la qualité du compost produit,

Par l'analyse des paramètres suivants : L'humidité, le pH, la teneur en matière organique, la teneur en carbone organique, l'azote et les différents éléments nutritifs.

Nous avons opté pour le mode de compostage par andains afin de vérifier le rendement de ce mode, et rendre compte de la gestion de l'espace de l'aire de fermentation.

Le pH a atteint 7,81 après 3 mois de compostage, Le compost obtenu a une Fraction fine ≤ 2 mm Il contient des teneurs de carbone 6,75%, de matière organique 11,6%, d'azote 1,4%, de phosphore, de Potassium et un rapport C/N acceptables 4.82

Cette valeur montre que le composte obtenu est mur à partir des normes internationales.

الهدف من التسميد هو تحسين ا جودة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للسماد لجعله منتجًا قيمًا يمكننا استخدامه في الزراعة.

من هذا العمل، تابعنا عملية التسميد لمدة ثلاثة أشهر من فبراير إلى مايو لتقييم جودة السماد المنتج،

من خلال تحليل المعلمات التالية: الرطوبة، درجة الحموضة، محتوى المادة العضوية، محتوى الكربون العضوي، النيتروجين والمواد المغذية المختلفة.

اخترنا الكومبوست لوندا للتحقق من نوعية هذا المنتج، وتقديم تقرير عن تتبع منطقة لتخمير

بلغ الرقم الهيدروجيني 7.81 بعد 3 أشهر من التسميد، والسماد الذي تم الحصول عليه عبارة من جزيئات صغيرة ≥ 2 مم

ويحتوي على الكربون بنسبة 6.75٪، المادة العضوية 11.6٪، النيتروجين 1.4، الفوسفور البوتاسيوم بنسبة مقبولة

C / N 4.82

هذه القيم تبين أن السماد الذي تم الحصول عليه ذو جودة حسنة وفقا للمعايير الدولية.