

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des sciences Biologiques et Agronomiques

Département Biologie



Mémoire de fin d'études

**En vue d'obtention du diplôme de Master en sciences
agronomique**

Spécialité : Science du Sol

Thème

**Le suivi du taux de matière organique, d'acides
humiques et d'acides fulviques en cours du
processus de Co- compostage des boues
résiduaire urbaines**

**Présenté par : Melle. BEERAH Nacera
M. GUELMA Mounir**

Soutenu publiquement le../12/2019, devant le jury composé de :

Président :	Mme. BOURBIA S.	MCA	UMMTO
Promotrice :	Mme OMOURI O.	MAA	UMMTO
Examineur :	M. MERROUKI K.	MCB	UMMTO

Promotion : 2018/2019

Remerciements

Au terme de ce travail, nous remercions avant tout, Dieu le tout puissant de nous avoir guidé à suivre le chemin de la science.

Nous tenons vivement à exprimer notre profonde reconnaissance et gratitude à notre promotrice M^{me} OMOURI O. pour l'aide compétente qu'elle nous a apportée, pour sa patience, sa confiance, son encouragement, et son œil critique qui nous a été très précieux pour structurer le travail et pour améliorer sa qualité., nous la remercions vivement.

Nos profonds remerciements vont également à notre copromotrice M^{me} TIBICHE, pour ses précieux conseils, et orientations.

Nous remercions vivement Mme MOUAS-BOURBIA S. qui a bien voulu nous faire l'honneur de présider le jury. D'autre part pour son aide, ses conseils, ses orientations et sa disponibilité.

Nous adressons également notre profonde reconnaissance à M^r MERREUKI.K, Pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Dédicace

A mes très chers parents

Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être. Que ce travail puisse être le fruit de vos efforts et le début de mes récompenses envers vous que Dieu vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie pour que vous demeuriez le flambeau illuminant le chemin de vos enfants.

À mes chères sœurs Ghania, Wahiba, Ouardia, et Assia et mon cher frère Yacine, merci, pour votre soutien, pour votre amour dévoué et d'avoir toujours été à mes côtés. J'espère que ce travail vous serve d'exemple.

À tous mes neveux et nièces Moumouh, Lila, Maya que Dieu les garde

Une spéciale dédicace à mon binôme Mounire et à toute sa famille.

À tous mes enseignants qui m'ont formé tout au long de mon cursus,

merci.

À tous ceux qui me sont chers.

Nacera.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents pour l'ampleur des sacrifices consentis pour mon instruction, mon bonheur et mon bien être.

Une spéciale dédicace à mes frères.

Je le dédis à toute la famille GUELMA, cousins et cousines.

Une spéciale dédicace à mes amis (es) : Nouri, Sofiane, Amar, Brahim, Chaffi, Ahlam, Amira et Kahina.

Une spéciale dédicace à ma binôme Nassira et à toute sa famille.

A Igudjdal en général.

Mounir.

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

C/N : Rapport teneur en carbone sur teneur en Azote

A : Andain

Cm : centimètre

CO₂ : Dioxyde de carbone

g : gramme

H% : pourcentage d'humidité

h : heure

kg : kilogramme

M.O : Matière Organique

m³ : mètre cube

ml : millilitre

MS : Matière Sèche

ms/m : milli siemens par mètre

N : azote

O₂ : Oxygène

P : phosphore

S : siemens

T : température

AH : Acide Humique

AF : Acide Fulvique

Liste des abréviations

CEC : capacité d'échange cationique

CTO : composé traces organique

ETM : éléments traces métalliques

STEP : Station d'épuration

C_{org} : carbone organique

C_{tot} : carbone total

DO : densité optique

pH : Potentiel Hydrogène

MES : Matière en suspension

Liste des figures

Figure 1 : Représentation schématique du principe de compostage	8
Figure 2 : Modèle de structure des composés humiques.....	11
Figure 3 : Courbe théorique d'évolution de la température et du pH au cours du compostage	18
Figure 4 : Matériaux compostés : a) boues ; b) fumier ; c) grignon d'olive d) margine.....	24
Figure 5 : Mise en place des andains	26
Figure 6 : Test d'humidité.....	28
Figure 7 : Arrosage avec a) eau ; b) margine.	29
Figure 8 : Principe de quartage	30
Figure 9 : Schéma d'extraction des acides humiques et fulviques.....	31
Figure 10 : Teneurs en matière organique des différents échantillons de l'andin 1 en phase mésophile et thermophile	32
Figure 11 : Teneurs en matière organique des différents de l'andin 2 échantillons en phase mésophile et thermophile	32
Figure 12 : Extraction des acides fulviques (a) acides humiques (b).....	34

Liste des tableaux

Tableau 1 : Dispositif du compostage	25
Tableau 2 : Suivi des retournements	27
Tableau 3 : Evolution de rapport AH/AF	34

Sommaire

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

Chapitre I : Valorisation des boues urbaines

I.1. Définition et origine des boues urbaines.....	2
I.2. Composition	2
I.2.1. Eléments utiles	2
I.2.2. Eléments indésirables.....	5
I.2.3. Micro-organismes pathogènes	5
I.3. Traitement des boues	6
I.4. Epandage des boues sur sols agricoles à l'état brut et fraîche	6
I.4.1. Impact des boues sur l'environnement	7
I.4.2. Sur le sol	7
I.5. Compostage des boues urbaines	8
I.5.1. Définition	8
I.5.2. Evolution de la matière organique au cours du compostage	9
I.5.3. Types de matières organiques.....	11
I.5.4. Intérêt de compostage	13
I.5.5. Méthodes de compostage	14
I.5.6. Phases de compostage	16
I.5.7. Suivi du compostage	18
I.6. Qualité d'un compost	19

Sommaire

I.7. Qualité chimique	20
I.7.1. Ph	20
I.7.2. Conductivité électrique (CE)	20
I.7.3. Rapport C/N	21
I.7.4. Carbone soluble dans l'eau	21
I.7.5. Capacité d'échange cationique	22
I.8. Paramètres biologiques	22
I.8.1. Indice de germination (IG).....	22
I.8.2. Dénombrement des micro-organismes	23
I.8.3. Test respirometrique	23

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II.1. Matériel	24
II.1.1. Substrats utilisés pour le compostage	24
II.2. Méthodes	25
II.2.1. Procédé de compostage.....	25
II.2.2. Mise en place des andains	25
II.2.3. Suivi de compost	26
II.2.4. Méthode d'échantillonnage	29
II.2.5. Caractérisation biochimiques	30

Sommaire

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1. Évolution de la matière organique 32

III.2. Analyse des substances humiques et fulviques 33

Conclusion 36

Références bibliographiques.

Introduction

Le sol est un élément essentiel de la biodiversité. De sa qualité et de sa préservation que dépend aussi notre propre vie. C'est aussi une ressource difficilement et lentement renouvelable. Sa gestion est un point crucial pour satisfaire les besoins alimentaires des populations pour les prochaines décennies.

L'agriculture moderne est la cause majeure de la dégradation des sols constatée partout. En effet, cette agriculture intensifiée considère le sol comme usine de production, matière inerte et non vivante.

En Algérie la majorité des sols agricoles sont caractérisés par leur faible taux en matière organique. Cet état est dû au type du climat, qui favorise la minéralisation rapide de la matière organique dans les sols, aux pratiques culturales non appropriées et aux faibles ou non apports d'amendements organiques suite à la raréfaction du fumier du ferme, habituellement utilisé (Diridi et Toumi, 1998 ; Vribaa et *al* ; 2001).

Cette carence en matière organique provoque une diminution de la stabilité structurale des sols, une diminution de la rétention des polluants (organiques ou minéraux), pour y remédier à ce problème, une technique ou procédé a été mis en place, c'est le compostage, qui est un processus de décomposition et de transformation « contrôlées » de déchets organiques sous l'action de populations microbiennes diversifiées, évoluant en milieu aérobie (Sharma et *al.*, 1997).

L'augmentation du volume des déchets représentent un des problèmes majeurs de l'environnement, dus au degré d'urbanisation, à l'amélioration du niveau de vie et à la progression du rythme de la consommation accroît les atteintes à l'environnement et à la santé publique. D'où vient la nécessité et l'importance de résoudre le problème de ces déchets par le tri, le recyclage et la valorisation.

Depuis l'avènement de l'agriculture, les « déchets » organiques sont utilisés pour fertiliser les terres agricoles (Petitjean, 1996; Joncoux, 2013, Wasenaar, 2014). Est pour cela différents types de matières organiques peuvent être compostées soit seules soit associées aux fumiers(Co-compostage).

Les grignons d'olives (déchets verts) où diverses études menées en Tunisie, ont démontrées l'avantage environnemental et économique de l'utilisation de ce sous-produit oléicole dans le compostage vu la richesse en matières organiques des grignons et des

Introduction

margines, ce qui justifie cette méthode qui pourrait créer des liens entre la gestion de ces sous-produits oléicoles et l'agriculture (Ben Rouina, 2002). Aussi les boues des traitements des eaux domestiques sont co-compostées et utilisées pour la fertilisation et l'approvisionnement de la matière organique stable pour le sol, dont l'effet sur l'amélioration propriétés physiques, chimiques et biologiques est important, ainsi que l'apport des éléments nutritifs aux cultures (Leclerc, 2001).

Cette étude a donc pour objet de tester le mode de compostage en andain, constitué de grignons d'olive, margine, des boues de station d'épuration, fumier de bovin et les feuilles d'oliviers, faire un suivi temporaire du processus de compostage par différentes analyses biologiques et biochimiques, à savoir les matières organiques et les acides humiques et fulviques.

Ce mémoire comprend trois chapitres principaux :

- ✚ Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique, qui traite dans sa première partie les généralités sur les boues urbaines et dans sa deuxième partie sur le processus de compostage ;
- ✚ Le deuxième chapitre comporte le matériels utilisé et la méthodologie de travail ;
- ✚ Le troisième chapitre est consacré aux résultats obtenus et à leur interprétation ;

Enfin, une conclusion générale.

I.1. Définition et origine des boues urbaines

Les boues urbaines sont des résidus de traitement provenant de stations d'épuration des eaux ménagères ou des eaux d'égouts communaux, aussi résidu de curage de fosse septique et plus généralement, tous résidu de traitement d'eau.

Le terme « boues de station d'épuration des eaux usées » est le terme générique pour les différentes matières issues des processus d'épuration des eaux dans les stations d'épuration. Dans les stations d'épuration, divers autres déchets sont à prendre en compte : déchets flottants entraînés par les eaux, sable, ...etc. (Ouazani, 2009). Elles sont composées d'eau et de matières solides, séparées par des procédés naturels ou artificiels de divers types d'eau qui les contiennent (Ademe, 2001). Parmi les boues, on distingue les boues urbaines et les boues industrielles. Les premières sont produites dans les stations d'épuration traitant des effluents dits « urbains », c'est-à-dire majoritairement des eaux usées d'origine domestique. Par contre, les secondes sont issues du traitement d'eaux usées industrielles.

Selon l'origine de la boue et les traitements physico-chimiques qu'elle a subis, ses caractéristiques et son comportement seront différents (Pernin, 2003).

I.2. Composition

La composition des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année, de type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration (OTV, 1997 ; Girard et al., 2005)

En général, les boues se composent de trois éléments : les éléments utiles (matières organiques, éléments fertilisants), les éléments indésirables (éléments traces métalliques, composés traces organiques), et les micro-organismes pathogènes.

I.2.1. Eléments utiles**I.2.1.1. Matière organique**

Les boues contiennent généralement autant de matière organique qu'un fumier. Leur teneur en matière organique peut varier de 30 à 80 % ; celle-ci est constituée de matières particulièrement éliminées par gravité dans les boues primaires ; des lipides de 6 à 19 % de la matière organique, des polysaccharides, des protéines et d'acides aminés jusqu'à 33% de la

matière organique ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens, résultant des traitements biologiques (digestion et stabilisation) (Ademe, 2001 ; Amir, 2005).

I.2.1.2. Eléments minéraux

D'une manière générale, les boues contiennent des quantités appréciables en éléments nutritifs. Selon la dose appliquée, elles peuvent couvrir, en partie ou en totalité les besoins des cultures en éléments nutritifs (azote, phosphore, magnésium, calcium et soufre) elles peuvent aussi corriger les carences à l'exception de celle en potassium (Zebarth *et al.*, 2000). Ce sont donc ces éléments qui déterminent la valeur agronomique des boues. Les éléments les plus importants dans les boues sont les suivants :

- **L'azote** : la teneur en azote des boues représente 3 à 7 % de la matière sèche, cet azote est présent sous différentes formes, plus sa contribution à l'étude de l'évolution de la matière organique des boues dans le sol. Les boues peuvent être considérées comme des matières fertilisantes azotées : 30 à 50 % de l'azote est disponible dès la première année de culture (OTV, 1997). Dans les boues, l'azote présent est sous deux formes : organique et minéral (NH_4^+). Les boues ne contiennent généralement pas d'azote nitrique (NO_3^-) ou d'azote nitreux (NO_2) (Grimaud, 1996).
- **Le phosphore** : les boues sont toujours riches en acide phosphorique (P_2O_5), (2 à 7 % de la matière sèche). Le phosphore des boues est assimilable à 70% la première année, une efficacité qui est voisine certains types d'engrais minéraux. Cet élément constitue un facteur intéressant pour la valorisation des boues (Iampes et Avril, 1992 ; OTV, 1997).
- **Le potassium** : les boues sont généralement pauvres en potassium, elles contiennent souvent 0,5 à 1,5 % de la MS (Molet et Conseil, 2003), le reste est en solution dans les eaux épurées (OTV, 1997 ; Impens et Avril, 1992).
- **Le calcium** : les boues sont très riches en calcium, leur teneur en cet élément, varie de 4 à 5,5 % de la MS. Quand elles sont traitées par la chaux, elles se comportent comme de véritables amendements calcaires (OTV, 1997).
- **Le magnésium** : Selon Impens et Avril (1992), les sels de magnésium sont très solubles, ils sont donc éliminés dans l'eau épurée. La teneur des boues en magnésium est faible, elle varie de 0,5 à 1,5 % de la MS.

I.2.2.Eléments indésirables**I.2.2.1.Eléments traces métalliques (ETM)**

Selon Baize et al. (2006), les ETM sont des constituants indésirables des boues résiduaires. Leur présence dans les boues génère une inquiétude lorsqu'il est question de les épandre sur des sols destinés à produire des aliments pour l'homme et/ou les animaux. Selon Terce (2001), les boues concentrent entre 70 et 90 % des quantités d'ETM des eaux usées. L'essentiel de ces éléments viennent des rejets industriels, dans une moindre mesure, des rejets domestiques (utilisation de solvants, détergents, peintures ...). L'épandage des boues industrielles apporte des quantités non négligeables d'ETM aux sols, bien que certains soient des oligo-éléments (zinc, cuivre, fer), indispensables à faibles doses aux plantes, mais peuvent devenir toxiques s'ils dépassent un certain seuil, d'autre, comme le cadmium, le plomb, et le mercure sont toxiques même à faibles doses (Benterrouche, 2007).

I.2.2.2.Composés traces organique (CTO)

Dans les boues une multitude de polluants organiques (hydrocarbures polycycliques aromatiques, polychlorobiphényles, phthalates etc...) peuvent se trouver en faible concentration (de l'ordre de $\mu\text{g} / \text{kg}$ de MS). D'après Perez et al., (2001) cité par Amir, (2005), les CTO se dégradent dans le sol à des vitesses variables, donc pas d'effet cumulatif. Néanmoins, au même titre que les ETM, les CTO peuvent à forte dose, devenir toxiques pour les micro-organismes responsables de la fertilité des sols (Benterrouche, 2007).

I.2.3.Micro-organismes pathogènes

Les boues résiduaires contiennent des milliards de micro-organismes vivants qui jouent un rôle essentiel dans le processus d'épuration. Seule une infime partie est pathogène (virus, bactéries, protozoaires, champignons, helminthes) et elles proviennent en majorité des excréments humains ou animaux (Sahstromet *al.*, 2004).

Pour la majorité des pathogènes, la durée de vie est limitée dans le sol. En revanche, les éléments parasitaires présentent une résistance plus élevée dans ces milieux. Pour cela, les boues doivent subir un prétraitement avant leur utilisation en agriculture (Garrecet *al.*, 2003).

I.3. Traitement des boues

Les boues issues de l'épuration des eaux usées sont sous une forme liquide, bien chargées en matières organiques hautement fermentescibles. Ces deux caractéristiques sont gênantes et posent beaucoup de problèmes techniques pour l'évacuation des boues ou leur stockage. Ceci nécessite donc la mise en place d'une filière de traitement dès l'installation de la station d'épuration (Amir, 2005). Généralement, le traitement des boues a pour objectifs :

-)] **La stabilisation** : pour empêcher ou réduire les problèmes de fermentations et d'éviter ainsi les nuisances olfactives. La stabilisation peut être biologique par voie aérobie (compostage) ou anaérobie (méthanisation), ou chimique (chaulage ou autres traitements). La stabilisation biologique présente l'avantage de limiter l'évolution ultérieure de la composition des boues (Amir, 2005)
-)] **L'épaississement** : vise à augmenter la siccité (teneur en matière sèche) de boues sans pour autant modifier leur caractère. Ce procédé se fait par voie gravitaire « décantation » dans un concentrateur ou par des moyens mécaniques (égouttage, flottation ou centrifugation) (Benterrouche, 2007).
-)] **La déshydratation** : a pour objectif de réduire le volume des boues (plus de 97% d'eau) pour faciliter par la suite leur transport et leur stockage. Les boues passent donc de l'état pâteux ou solide. Les filtres à bandes et les centrifugeuses donnent des boues de structure plus solide (30 à 35 % de siccité) (Benterrouche, 2007).
-)] **Le séchage** : consiste à éliminer en grande partie l'eau contenue dans les boues par évaporation, il peut être réalisé soit par évaporation naturelle (lits de séchage), soit par voie thermique. Selon la puissance du procédé de séchage utilisé (épaississement, déshydratation ou séchage thermique), on obtient des boues à différents pourcentages de siccité.
-)] Boues liquides (4 à 10 % de MS) boues pâteuses (10 à 25 % de MS). Boues granulées pour une siccité à 85% (Ademe, 1996).

I.4. Epandage des boues sur sols agricoles à l'état brut et fraîche

Cette pratique constitue une solution particulièrement favorable à l'environnement, car elle offre l'opportunité de recycler la matière organique nécessaire au sol. De plus, les boues représentent un fertilisant peu onéreux, qui permet à l'agriculteur de réduire ses charges en engrais fertilisants classiques (OTV, 1997).

L'aspect positif de l'utilisation agricole des boues résiduaires a été démontré par plusieurs recherches effectuées au Canada (N'Dayegamiye et Drapeau, 2009), en France (Koboulevsky et al., 2001 ; Daudin, 2003 ; Benbrahim et al., 2003 ; Scheiner, 2005 ; Baize et al., 2006 ; Capowiez, 2009) et en Espagne (Riguero-Rodriguez et al., 2000 ; Pascual et al., 2008 ; Pascual et al., 2009). Ces recherches ont confirmé les impacts favorables des boues résiduaires sur la fertilité chimique, biologique et physique de différents types de sol, et sur les rendements des cultures (vigne, blé, fourrage, maraichage, sylviculture...).

Pour un compost de boues mûr, on considère que 50% de la matière organique apportée contribuera à entretenir la matière organique stable du sol. De ce fait, un apport de 10t/ha de boues compostées contenant 400kg de matières organiques /tonne de produit brut, fournira l'équivalent de 2000kg de matière organique (MO) stable dans le sol (Ademe, 2010).

I.4.1. Impact des boues sur l'environnement

Le fait d'apporter des boues dont la qualité chimique et organique est différente de celle du milieu récepteur (sol) elle va entraîner des modifications de ce milieu (Jocteurmonrozier, 2001). L'épandage de boues de station d'épuration peut, en effet, modifier les propriétés du sol, ces modifications peuvent être d'ordres édaphiques (par l'apport de matière organique, modification de la structure), microclimatique (augmentation de la température au cours de la fermentation), floristique (installation d'une végétation rudérale) (Lindsay et Logan, 1998). Par leur composition, ces boues peuvent avoir des effets bénéfiques sur les propriétés chimiques et physiques du sol. Les modifications de la physique du sol vont essentiellement dépendre de son mode d'introduction et des propriétés du sol récepteur. Si les boues sont introduites par aspersion, les boues restent à la surface du sol et les propriétés du sol s'en trouvent peu modifiées. Cependant, si le sol a des propriétés de transfert relativement importantes, les migrations de l'eau et d'un certain nombre de solutés pourront être plus profondes. Si le sol est peu perméable ou se trouve dans des conditions de stress hydrique au moment où il pleut, le ruissellement l'emporte de loin sur la pénétration dans le sol (Dudkowski, 2000).

I.4.2. Sur le sol

Les apports de boues d'épuration vont permettre d'accroître les sources en matière organiques dans le sol et donc enrichir ce dernier en carbone organique. Les composés organiques présents dans les boues vont permettre d'améliorer certaines propriétés du sol tel

que la porosité ou la structure et le taux d'humidité du sol. (Sommers, 1977 ; Pagliai&VittoriAntisari, 1993).

Les apports intensifs et répétés de certaines boues riches en sodium, risquent de dégrader la structure, particulièrement dans les sols déjà sensibles (texture limoneuse et/ou teneur en MO faible) (Balland et Bauvois, 1980). Ces dernières sont concentrées en microorganismes d'origine fécale, donc à priori dangereux pour l'homme et pour les animaux (Pommel, 1979 cité par Mahma S., 1995).

I.5. Compostage des boues urbaines

I.5.1. Définition

Le compostage est une pratique ancestrale en évolution. Le mot compost est un dérivé du mot latin « compositus » qui signifie composé. 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 :

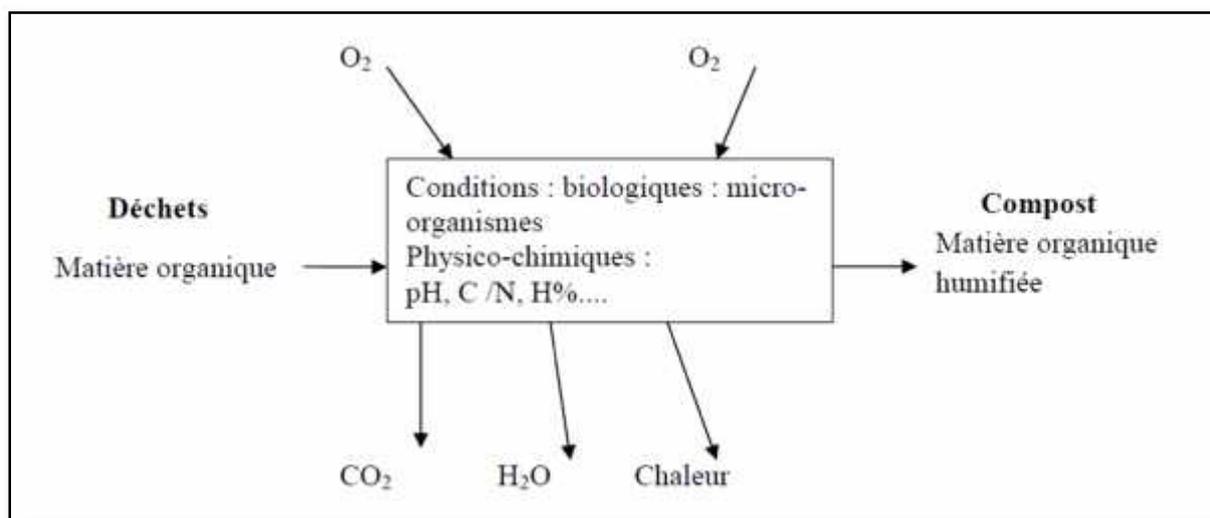


Figure 1 : Représentation schématique du principe de compostage (Charnay, 2005)

La plupart des déchets organiques peuvent être valorisés biologiquement par le compostage. Ainsi le compostage concerne les déchets d'origine urbaine (fraction fermentescible des ordures ménagères, boues de stations d'épuration, déchets verts), les effluents agricoles, les déchets industriels. Le déchet peut être composté seul ou en mélange avec un ou plusieurs autres déchets, on parle alors de Co-compostage (Rafilozy et *al.*, 2015).

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

I.5.2. Evolution de la matière organique au cours du compostage

I.5.2.1. Compostage et processus d'humification

L'humification de la matière organique contribue à la diminution de la biodégradabilité de la matière organique des composts, souvent appelée stabilisation. C'est la transformation des matières organiques en produits stables appelés : matières humiques ou humus (Bordelean, 1992 cité par Kemassi, 2011), il comporte deux phases :

- L'une biochimique plus ou moins rapide donnant un humus faible.
- La seconde, lente correspond à une polymérisation progressive et à des liaisons avec la matière minérale.

I.5.2.2. Substances humiques

Les substances humiques (SH) sont des macromolécules organiques, mises en évidence initialement dans les sols, et également présentes dans les composts.

Elles sont constituées d'acides humiques (HA) et d'acides fulviques (FA), et d'humines.

Ces substances sont extraites du déchet solide à l'aide d'une solution alcaline (NaOH, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$, ou NaOH + $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$). L'extrait alcalin est ramené à pH acide (entre 1,5 et 2) pour précipiter les HA.

La solution résiduelle contient les FA et des substances dites non humiques NH, qui peuvent être séparées par adsorption des acides fulviques sur une colonne de polyvinylpyrrolidone (PVD), puis élution avec une solution alcaline. La teneur en carbone de

chaque fraction extraite est ensuite quantifiée. Afin d'améliorer la précision sur la détermination des HA, (Adani et *al*, 1995).

I.5.2.3. Structure des substances humiques

Les substances humiques ont des structures analogues et sont formées de noyaux aromatiques oxydés, essentiellement des acides carboxyliques et des acides phénoliques, liés par des chaînes aliphatiques et des groupements acides et alcools.

Il est tout de même accepté que le poids moléculaire est plus élevé dans l'humine que dans les acides humiques (10000 et 100000 Da) et les acides fulviques (1000 à 30000 Da). Il est aussi couramment admis que les acides fulviques possèdent davantage de groupement carboxylique et phénolique (Schulten & Schnit, 1997).

Cependant, une autre théorie a été émise par Wershaw (1986, 1993). Les substances humiques seraient constituées d'unités de petites tailles, formant des agrégats de grande taille en solution aqueuse, maintenus ensemble par des liaisons hydrophobes et hydrogènes et présentant des propriétés similaires à celles des macromolécules.

Piccolo (1993), a ainsi estimé que la structure des substances humiques n'est pas polymérique mais supramoléculaire, et correspond à l'assemblage de petites molécules par des liaisons faibles (Van der Waals et -) en conformation de haut poids moléculaire.

L'observation microscopique des substances humiques semble confirmer cette hypothèse.

La représentation d'Andreux & Munier-Lamy (1994) permet de comparer la structure des acides humiques et fulviques. Elle propose une structure globale des substances humiques avec un noyau central aromatique, sur lequel sont fixées des chaînes latérales aliphatiques ramifiées.

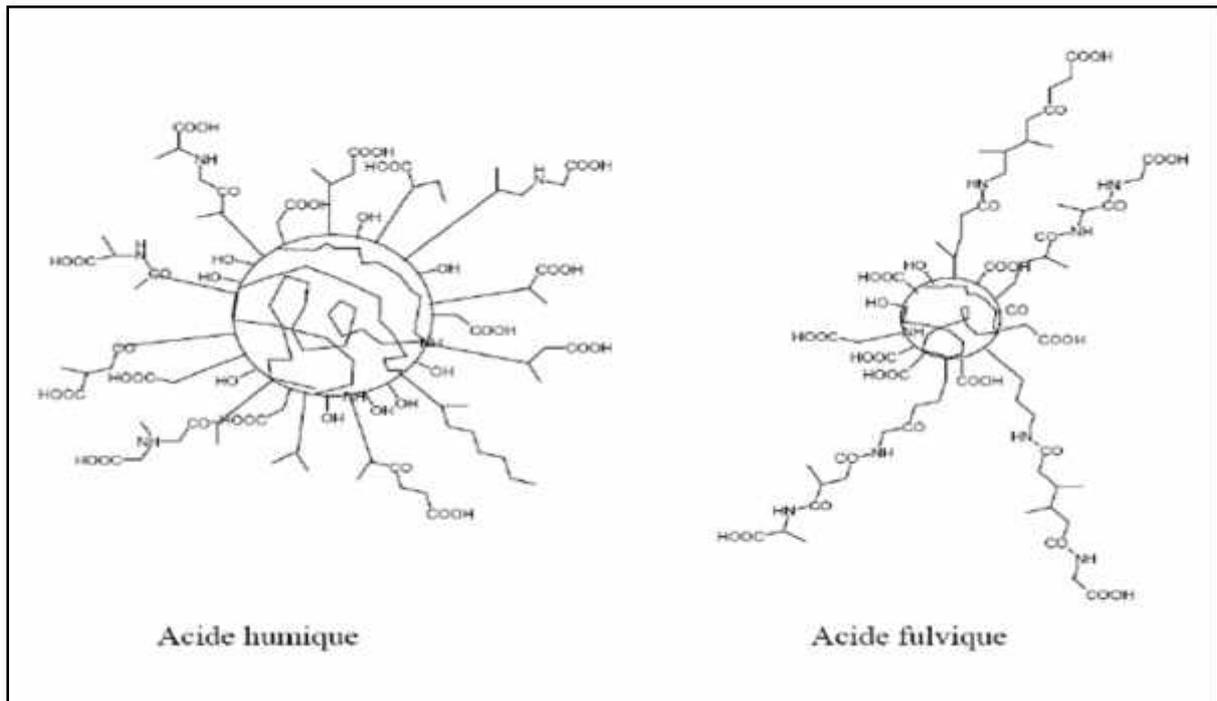


Figure 2 : Modèle de structure des composés humiques (Andreux & Munier-Lamy, 1994)

I.5.3. Types de matières organiques

La matière organique du sol est constituée de deux groupes de substances :

- Les substances humiques qui sont l'acide fulvique, l'acide humique et l'humine (Morrill et al, 1982, Gary et al, 1994 cité par Koull, 2007). Ces substances nouvelles reconstruites à partir de certaines M.O transitoires et certaines matières minérales (Soltner, 2003 cité par Koull, 2007).
- Les composés biochimiques tels que les acides organiques, sucres, lipides et polysaccharides (Morrill et al, 1982, Gary et al, 1994 cité par Koull N, 2007).

Le fumier

C'est l'ensemble des déjections animales mélangés avec des pailles. Il existe plusieurs types :

- Le fumier des fermes est une source importante d'humus par l'apport des déchets végétaux qu'il contient.
- Le fumier épandu en automne avant la tête de rotation doit être enfoui aussitôt pour diminuer les pertes d'azote. Les épandages de printemps limitent les risques

d'érosion (Bonin, 2006), allègent les terres lourdes et donnent du corps aux terres légères (Vignerou, 1967).

L'humus

L'humus est la matière organique transformée par voie biologique, chimique et incorporée à la fraction minérale du sol, avec laquelle elle contracte des liens physique, chimique, plus ou moins étroits. Par extension le mot humus désigne en écologie l'ensemble de la matière organique du sol, y compris les résidus d'origine végétale peu transformés et incomplètement incorporés au sol. Il est avec l'eau le garant de la fertilité du sol. Il joue le rôle d'une éponge fixant 10 à 50 fois sa masse en eau c'est l'humus en sens strict. En effet, c'est lui qui assure la rétention de l'humidité nécessaire à la croissance des plantes (Vignerou, 1967).

Le lisier

Les lisiers sont des mélanges liquides de fèces et d'urines avec quelques déchets de litière ou d'aliments. On distingue les lisiers liquides, dont le taux de matière sèche est inférieur à 13%, et les lisiers pailleux, qui contiennent une quantité variable de litière, et dont le taux de matière sèche moyen varie de 10 à 20 % (ITEB, 1991). Les lisiers présentent différentes contraintes environnementales (Adas, 1993) par leur richesse en nitrates et certains métaux tels que le cuivre et le zinc.

La litière

Elle est généralement de nature végétale sous forme de débris (feuilles, rameaux, fruits, graines, et exsudats racinaires et foliaires) (Duchaufour, 1984). Elle est plus ou moins biodégradable selon les espèces végétales installées. On parle de litière améliorante riche en azote et de litière acidifiante, qui se décompose plus difficilement. Les premières, activent la vie microbienne; les secondes, la dépriment (Bonin, 2006). Divers types de matières organiques peuvent être compostés soit seuls soit associés aux fumiers : paille, reliquat de cultures, grignon d'olive et produits issus des industries agro-alimentaires. Diverses études menées en Tunisie ont démontrées l'avantage environnemental et économique de l'utilisation des grignons d'olives en compostage (Ben Rouina, 2002).

I.5.4. Intérêt de compostage

➤ **Réduction des volumes**

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

➤ **Concentration en éléments minéraux**

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

➤ **Lutte contre les odeurs désagréables**

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

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

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

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

D'après Le Houérou (1993), le compostage a été étudié de manière à répondre à cet objectif :

La réduction de poids (40% environ pour fumier de bovin) et de volume (50% en moyenne) permet le transport du compost sur des parcelles trop éloignées, pour faire l'objet d'épandage et permettre simultanément de réduire les épandages sur les zones à risque limitant ainsi les pertes nitriques.

I.5.5. Méthodes de compostage

I.5.5.1. Compostage en andains

I.5.5.1.1. Andains retournés

Le compostage en andains consiste à placer un mélange de matières premières dans de longs tas étroits appelés andains remués ou retournés de façon régulière. Ces andains sont aérés essentiellement par un mouvement naturel de l'air. La taille de l'andain peut être déterminée par la porosité de matières compostées. Un andain composé de feuilles peut être bien plus grand qu'un andain humide contenant du fumier (Albrecht, 2007).

De manière générale, les andains ont une hauteur qui varie de 90 cm pour les matières denses telles que le fumier, à 360 cm de haut pour les matières légères, volumineuses telles que les feuilles, leur largeur varie de 300 à 600 cm (Misra et *al.*, 2005).

I.5.1.2. Andains aérés passivement

Le système d'andainage à aération passive suppose l'installation de tuyaux d'aération dans ou sous le tas de compost.

Les matières premières sont habituellement mises en tas sur un lit à base de paille, de tourbe ou de compost prêt à l'emploi afin d'absorber l'humidité et isoler l'andain, et couverte de tourbe ou de compost pour éloigner les mouches, et permettre de conserver l'humidité, les odeurs et l'ammoniac (Misra et *al.*, 2005).

Dans ce système, l'air est laissé circuler passivement dans les tuyaux et lit de matériaux qui se trouvent sous le tas (Martin, 2005). Selon (Misra et *al.*, 2005), les andains aérés passivement devraient avoir une hauteur de 90 à 120 cm.

I.5.5.1.3. Tas statique aéré :

Le plus souvent, des tuyaux d'aération sont disposés bout à bout sous toute la longueur de l'andain, ces derniers ainsi que la portion médiane de la base de l'andain, sont recouverts d'une matière poreuse comme des copeaux de bois. On forme ensuite l'andain au-dessus du lit d'aération (Martin, 2005). Des ventilateurs sont raccordés aux tuyaux de ventilation, et l'air est forcé dans l'andain (pression positive) ou aspiré hors du tuyau (pression négative). Lorsque la pression négative est utilisée, des bios filtres peuvent être nécessaires pour retirer les odeurs de l'air d'extraction.

La clé de la réussite dans ce type de système, consiste à bien mélanger les matières premières au départ et à créer des conditions d'humidité optimales, étant donné que les andains ne sont habituellement pas retournés. Les andains qui sont aérés doivent être recouverts d'un matériau isolant, si l'on veut que la température de la matière s'élève suffisamment en surface.

I.5.5.2. Le compostage en récipient clos**I.5.5.2.1. Compostage en casier**

La dégradation s'effectue totalement, ou partiellement, dans des casiers, de volume compris entre 4 et 20 m³. Le produit est changé de casier toutes les semaines pendant 8 semaines. L'aération passive est amenée par des tuyaux.

I.5.5.2.2. Lits rectangulaires remués :

Le compostage a lieu entre des murs qui forment de longs et étroits couloirs appelés lits. Un rail ou une saignée en haut de chaque mur supporte et guide la machine retournant le compost.

Les matières premières sont placées par un chargeur à l'extrémité frontale du lit, au fur et à mesure que la machine retourne, les matières avancent sur les rails, elle mélange le compost et le repose derrière elle. A chaque retournement, la machine déplace le compost à une distance bien déterminée, en direction de l'extrémité du lit.

La plupart des systèmes commerciaux comprennent des tuyaux d'aération ou une chambre de diffusion d'air encastrés dans le fond du lit, lui-même recouvert par un

revêtement et/ou des graviers. La longueur d'un lit et la fréquence de retournement déterminent la période de compostage ; Quand la machine déplace les matières de 3 m à chaque retournement et si le lit est long de 30 m, la période de compostage est de 10 jours avec des retournements quotidiens. Celle-ci passe à 20 jours si le retournement ne se fait qu'un jour sur deux.

Les périodes de compostage recommandées pour les systèmes commerciaux de lits remués varient de deux à quatre semaines, bien qu'une longue période de maturation puisse être nécessaire par la suite (Misra *et al.*, 2005).

I.5.2.3. Silos

Une autre technique de compostage en récipient clos ressemble à un silo à déchargement par le bas. Chaque jour, une vis transporteuse retire les matières compostées se trouvant en bas du silo, et un mélange de matières premières est chargé à son sommet.

A la base du silo se trouve un système d'aération qui souffle de l'air à travers les matières à composter. Cet air évacué peut être recueilli au sommet du silo de façon à traiter les odeurs.

Généralement, la durée de compostage est d'environ 14 jours, et 1/14^{ième} du volume du sil est alors retiré et remplacé quotidiennement. Une fois que le compost a quitté le silo, il est conservé pour maturation, le plus souvent dans un second silo aéré. Ce système minimise la surface de compostage car les matières sont empilées verticalement. Cependant, l'empilement présente des problèmes au niveau de la compaction, du contrôle de la température et de la circulation de l'air (Misra *et al.*, 2005).

I.5.6. Phases de compostage

L'évolution de la température au cours du compostage permet de distinguer 4 phases (fig.3) liée à l'activité des différentes populations microbiennes (Franco, 2003) :

I.5.6.1. Phase mésophile

Initialise le procédé : la matière organique facilement biodégradable est rapidement décomposée par les microorganismes. Qui colonisent le milieu. La température est proche de 40°C. La production d'acides organiques entraîne une diminution du pH (pH 4,5 à 5,5; un

dégagement de dioxyde de carbone (CO₂) et une consommation de dioxygène (O₂) importants (Albrecht, 2007).

I.5.6.2.Phase thermophile

La matière organique est fortement dégradée et une part importante de l'eau est évaporée, des réactions d'oxydation ont lieu, produisant une élévation de température (60 à 75°C). Pendant cette étape, les microorganismes dégradent les polymères entraînant une augmentation du pH (6,5 à 8,5), à cette phase, seuls les micro-organismes thermorésistants (essentiellement des bactéries) peuvent survivre à ces hautes températures.

I.5.6.3.Phase de refroidissement

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

I.5.6.4. Phase de maturation

C'est la dernière phase, elle dure jusqu'à l'utilisation du compost. Les processus d'humification dominant et les composés résistants également lentement dégradés.

Les deux premières phases qui sont des phases de dégradation des matières organiques sont regroupées sous le nom de fermentation et altération, correspondant à une phase de dégradation intensive de la matière organique.

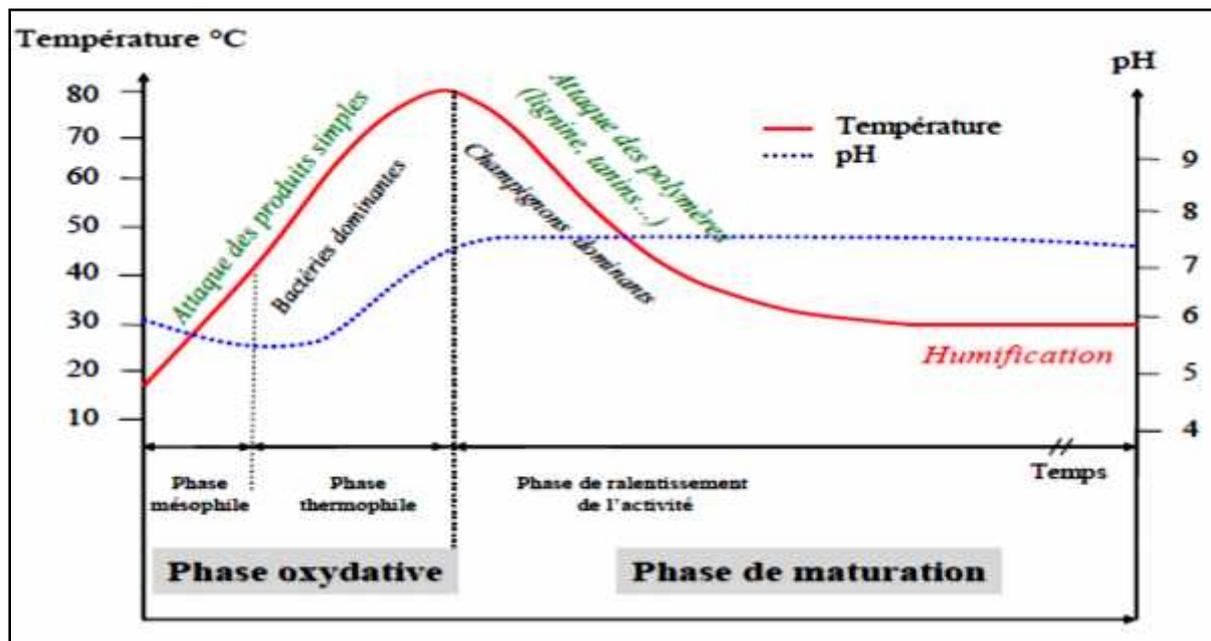


Figure 3 : Courbe théorique d'évolution de la température et du pH au cours du compostage (Mustin, 1987).

I.5.7. Suivi du compostage

Certains indicateurs présentent un réel intérêt pendant le compostage, et permettent de s'assurer du bon déroulement du processus. Du à l'hétérogénéité qui se développe lors du compostage en tas à aération statique, les résultats des analyses chimiques peuvent refléter cette hétérogénéité, cependant les indicateurs sont utiles pour identifier des niveaux généraux de maturité et ainsi effectuer la comparaison avec les référentiels en place. Les variables de suivi direct les plus communes sont la température et le pH.

I.5.7.1. La température

L'évolution du paramètre température traduit l'activité microbienne relative à la décomposition de la MO. Stentiford (1996) a montré que les températures opérationnelles pour maximiser l'hygiénisation (où les hautes températures sont efficaces) et la stabilisation (où les hautes températures inhibent le processus), et suggère que des températures supérieures à 55°C maximisent l'hygiénisation, de 45 à 55°C maximisent le taux de dégradation, et de 35° à 40°C maximisent la diversité microbologique. (Yulipriyanto, 2001). Ndegwa & Thompson (2001) montrent qu'un substrat ayant atteint des températures supérieures ou égales à 55°C durant 3 jours est hygiénisé et ne présente plus aucune toxicité ou éléments indésirables.

I.5.7.2. pH

Le pH optimal pour le compostage se situe entre 5.5 et 8.0 (Bertoldi *et al.* 1983 ; Miller, 1992), avec une activité microbienne supportant des pH proches de 9. Ainsi le pH n'est pas une variable essentielle dans la mesure où la plupart des substrats utilisés ont un pH compris dans les gammes de valeurs citées ci-dessus.

Cependant le pH est un facteur important pour le contrôle des pertes d'azote via la volatilisation de l'ammonium qui peut être élevée pour de pH supérieurs à 7,5. Certains auteurs ne tiennent pas compte du pH comme un paramètre adapté pour évaluer la maturité d'un compost, mais peut permettre de comprendre l'évolution des pertes en azote par volatilisation (Nobili & Petrusi, 1988).

I.6. Qualité d'un compost

La qualité d'un compost est difficile à définir et demeure une notion évasive (Lasaridietal. 2006). La stabilité et la maturité du compost sont essentielles pour une utilisation optimale comme amendement et source de nutriments pour les plantes (Amir, 2005). Francou (2003), juge que le terme de maturité reste souvent ambigu, bien que fréquemment cité dans la littérature. Dans la majorité des articles, la stabilité et la maturité ne sont, soit définies que de manière implicite, soit pas définies du tout. Deux approches distinctes coexistent pour décrire la qualité des composts :

- La première s'appuie sur la notion de transformation d'une matière organique initiale très fortement biodégradable, en une matière organique stable en fin de compostage. Le degré de stabilité du compost est alors estimé par la biodégradabilité des matières organiques et par leur humification (Garcia *et al.*, 1993; Bernalet *et al.*, 1998; Chen, 2003; Grigattiet *et al.*, 2004; Castaldiet *et al.*, 2005c; Adaniet *et al.*, 2006; Tang *et al.*, 2006).
- La seconde approche considère les effets du compost sur les végétaux. Le degré de maturité est, dans ce cas, relié à l'absence de préjudice pour les plantes suite à l'utilisation de compost. En effet, Tiquia *et al.* (1997), expliquent que l'apport de compost immature dans un sol engendre des effets négatifs sur la germination et sur la croissance et le développement des plantes. Dans cette optique, le meilleur indicateur de maturité d'un compost reste l'estimation de sa phytotoxicité. De nombreuses études de cet aspect (Tiquia & Tam, 1998 ; Albuquerque *et al.*, 2006), suggèrent qu'un compost stable ne

signifie pas nécessairement qu'il soit mature puisqu'il peut encore avoir un effet inhibiteur ou phytotoxique sur la croissance des plantes.

Le compost peut être considéré comme mature lorsque :

- ✓ La température est stabilisée en dessous de 30°C
- ✓ Il ne s'échauffe plus lors du retournement ;
- ✓ La matière organique stabilise ;
- ✓ Il ne se dégrade plus en anaérobie pendant le stockage ;
- ✓ Il ne doit pas immobiliser l'azote du sol ;
- ✓ Il ne doit pas présenter de toxicité vis-à-vis des plantes ;
- ✓ Il doit présenter la bonne odeur caractéristique du terreau ;

I.7. Qualité chimique

I.7.1. pH

L'intervalle de pH pour la plupart des composts finis va de 6 à 8 (Stoffella et Kahn, 2001). Le pH diminue légèrement au début du processus de compostage en raison de la production d'acides organiques. Peu de temps après, avec l'utilisation de ces acides comme substrats par les autres microbes aérobies. Le pH augmente au cours des étapes de refroidissement et de maturation (Dinesh, 2014).

Le pH final de compost est très dépendant de la charge de l'alimentation, le processus de compostage, et l'addition de tout amendement. L'acidité ou l'alcalinité excessive peut endommager les racines des plantes, inhiber leurs croissance et leur développement.

Les composts issus des matières premières telles que le bois peuvent être assez acide, tandis que d'autres (par exemple, les biosolides traités à la chaux) peuvent être une source importante de l'alcalinité (Stoffella et Kahn, 2001).

I.7.2. Conductivité électrique(CE)

La conductivité électrique est une mesure de sels dissous dans le compost. Cette mesure est importante, parce qu'il reflète la salinité du compost. Le compost trop salin est probablement nuisibles aux végétaux. La conductivité électrique ne fournit pas d'informations sur le type de sels présents. Certains cations ou anions sont des nutriments tels que Ca, Mg,

sulfate ($\text{SO}_4\text{-S-S}$), ou $\text{NO}_3\text{-N}$. Tandis que les sels contenant Na, le chlorure (Cl) ou le bore (B) peuvent être toxiques pour les plantes à des concentrations élevées (Stoffalla et Kahn, 2001).

La somme des sels solubles dans les extraits à l'eau est augmentée avec la maturation du compost, en raison de la libération des acides organiques et des sels solubles au cours de la décomposition des matières organiques, indiquant la stabilité du compost (Dinesh, 2014)

I.7.3.Rapport C/N

Le rapport carbone organique/azote organique est généralement mesuré pour évaluer la maturité des composts. Le C/N diminue au cours du compostage, ce qui se traduit par la dégradation du carbone qui est libéré sous forme de CO_2 (Tahraoui Douma, 2013).

Les valeurs de Cor/Nor et Cor/Nt au cours du processus de compostage pourraient être utilisés comme indicateurs de maturité pour la matière organique, car ils ne dépendent pas de la nature des matériaux utilisés pour les mélanges (Bernal et *al.*, 1993).

Les valeurs de ces ratios ont été trouvés entre les fourchettes établies comme un indice de maturité par d'autres auteurs et pour d'autres déchets organiques, à savoir Cor/Nor avec une valeur entre 5 et 6, et Cor/Nt pas les valeurs sous 0,55 (Bernalet *al.*, 1993).

I.7.4.Carbone soluble dans l'eau

Le carbone soluble dans l'eau représente la fraction organique, la plus facilement biodégradable au cours du processus de compostage, car il est constitué de sucres, des acides organiques, des acides aminés et des phénols (Garcia et *al.*, 1991).

La concentration de carbone soluble dans l'eau diminue avec le temps de compostage dans tous les types de composts. Les fractions organiques biodégradables ont été consommées en premier par les microbes, ce qui entraîne la décomposition de composés organiques complexes entraînant la libération de CO_2 à la fin.

Dinesh (2014), a rapporté qu' Eggen et Vethe (2001), ont établi la valeur de 0,5% du carbone soluble dans l'eau, comme teneur maximale, au-dessus de laquelle le compost peut être considéré comme mature.

I.7.5. Capacité d'échange cationique(CEC)

La capacité d'échange cationique (CEC) du compost est une mesure de la capacité de ce dernier à retenir les cations échangeables tels que le potassium (K), le calcium (Ca), magnésium (Mg), et le sodium (Na), à des surfaces chargées négativement.

La mesure de la CEC du compost est utilisée dans la formulation de terreau pour le récepteur des plantes, et comme un indicateur de la maturité du compost.

La CEC du compost augmente avec le temps de compostage, les matières organiques du compost deviennent plus humifiées (Stoffella et Kahn, 2001).

Selon Jimenez & Garcia (1989), une CEC supérieure à 60 meq/100g de matière organique sèche est nécessaire pour considérer un compost comme mûr (Albrecht, 2007).

I.8. Paramètres biologiques**I.8.1. Indice de germination (IG)**

Un paramètre sensible pour évaluer la phytotoxicité des composts, car le problème de phytotoxicité est associé aux composts immatures. Ces composts peuvent contenir divers métaux lourds ; ammoniac et ou autre, qui peuvent réduire la germination des graines et aussi inhiber le développement des racines.

La diminution de l'IG indique la présence de phycotoxines dans le mélange des déchets au cours du compostage, tandis qu'une augmentation reflète la disparition de substances

Phytotoxiques. L'indice de germination doit être interprété avec prudence, car ce dernier est affecté par le type de semences utilisées et les taux d'extraction appliqués (Antilet *al.*, 2012).

La valeur de l'indice de germination proposée par Zucconi *et al.*, (1981), pour juger qu'un compost est mature est au moins 50%, et ça en utilisant des grains de cresson (*Lepidium sativum*) en raison de leur réponse rapide pour déterminer la présence de substances phytotoxiques dans le compost (Dinesh, 2014).

Selon le Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec (CEAEP, 2003), l'indice d'inhibition de la germination est calculé en utilisant la formule suivante :

$IG = \% \text{ germination Témoin} - \% \text{ germination test} / \% \text{ germination témoin}$

I.8.2. Dénombrement des micro-organismes

Comme les matières premières au compostage peuvent contenir des organismes pathogènes, le compost lui-même peut aussi en contenir, et par conséquent présenter un risque pour la santé humaine.

Selon CCME (2005), la teneur en organismes ne doit pas dépasser les niveaux suivants :

- Coliformes fécaux 2 : moins de 1000 nombre le plus probable (NPP) par gramme de solides totaux (base sèche)
- Salmonella sp. : Moins de 3 NPP par 4 g de solides totaux (base sèche).

Une diminution du nombre de bactéries et de champignons, et augmentation du nombre des actinomycètes à la fin de compostage, apparaissent comme indicateur utile pour établir la stabilisation biologique, et le degré optimal de maturité du compost (Antilet *al.*, 2012).

I.8.3. Test respirométrique

Il repose sur la mesure de l'activité respiratoire des micro-organismes présents dans le compost dans des conditions spécifiques d'incubation (Charnay, 2005). Le taux de respiration mesurée peut être utilisé pour estimer la perte de poids de compost au fil du temps, et d'estimer la maturité du compost.

L'objectif de ce chapitre est de présenter les matériaux utilisés, le mode de co-compostage, les méthodes d'analyses effectuées en cours du compostage.

II.1. Matériel

II.1.1. Substrats utilisés pour le compostage

- Les boues d'épuration
- Les grignons d'olives
- Les margines
- Le fumier de bovin
- Les feuilles d'olivier

Les substrats utilisés pour le compostage, sont illustrés par la (figure 04). Les boues d'épuration (a) que nous avons utilisées proviennent de la STEP de Boukhalfa à Tizi-Ouzou, le fumier de bovin (b), provient d'un éleveur de bovins de Tirmatine, le grignon d'olive (c), les margines (d) et les feuilles d'olivier proviennent d'une huilerie du village kharcha Tadmaït.



Figure4 : Matériaux compostés :a) boues ; b) fumier ; c)grignon d'olive d) margine.

II.2. Méthodes

II.2.1. Procédé de compostage

Les essais de compostage ont été réalisés en andain à Boukhalfa sur un site appartenant aux agriculteurs(les frères Oumlilil). Les proportions utilisées des produits organiques résiduels sont regroupées au niveau de tableau 01.

Tableau 1. Dispositif du compostage

Constituants	Andain 1	Andain 2
Boues%	50	50
Grignon d'olive %	30	30
Fumier de bovin %	20	20
Feuilles d'olives	1 bidon 25 kg	1 bidon 25 kg
Liquide d'arrosage	eau+margine	eau+margine
Quantité de margine	105 litres	105 litres
Quantité d'eau	1645 litre	1645 litres
Nombre de retournement	10	10

II.2.2. Mise en place des andains

Le procédé de compostage utilisé est de type en andain. Chaque un est de forme trapézoïdale avec une hauteur initiale de 1,5m, de longueur de 4m,et de largeur de 2m (figure2). Le volume de chaque andain est de 12m³. Les andains sont disposés sur un terrain préparé, terrassé, damé, couvert par une bâche pour éviter la perte de lixiviats (figure.05)



Figure 5 :Mise en place des andains

II.2.3.Suivi de compost

II.2.3.1. Retournement

Pour garantir une bonne aération du compost ainsi qu'une meilleure dissipation de la chaleur produite qui ne doit pas dépasser les 60°C, le retournement des andains sert à apporter l'oxygène nécessaire à la respiration des microorganismes, à homogénéiser le mélange des matières compostées, et aussi à évacuer le gaz carbonique et la chaleur accumulés.

Il est très important de suivre un programme de retournement, la fréquence de retournement est fonction du taux de décomposition, du taux d'humidité et de la porosité des matériaux, ainsi que de la durée désirée de compostage comme le taux de décomposition est plus important au début de processus, la fréquence de retournement diminue au fur et à mesure que les andains mûrissent.

Le premier retournement ne doit être réalisé que 2 à 4 semaines après la mise en place des andains, pour éviter ainsi de faire redescendre la température et sauvegardez l'activité des bactéries.

Tableau 2 :Suivi des retournements

Date	Retournement	Liquide d'arrosage	Echantillonnage
02/04/2019	1 ^{er}		
10/04/2019		20L d'eau +15l margine	1 ^{er}
23/04/2019	2 ^{ième}	50L d'eau	
26/04/2019		40L d'eau+ 35l margine	
06/05/2019	3 ^{ième}	30L d'eau +20l margine	
10/05/2019		30L d'eau	
13/05/2019	4 ^{ième}	50L d'eau +35l margine	
24/05/2019	5 ^{eme}	70L d'eau	
25/05/2019		70L d'eau	
07/06/2019		50L d'eau	
13/06/2019	6 ^{eme}	60L d'eau	
02/07/2019	7 ^{ième}	60L d'eau	
07/07/2019		160L d'eau	
20/07/2019		50L d'eau	
22/07/2019	8 ^{ième}	70L d'eau	
10/08/2019	9 ^{ième}	170L d'eau	
21/08/2019	10 ^{ième}	70L d'eau	2 ^{ième}

II.2.3.2. L'humidité

- ✓ L'humidité est nécessaire pour assurer l'activité métabolique des micro-organismes le compost devrait avoir une teneur en eau de (40 à 65 %). Si l'andain est trop sec le processus de compostage est plus lent, alors que au-dessus de 65 % d'humidité des conditions anaérobies se rencontrent et entraînent la disparition des bactéries ou leur inactivité dans le processus, seuls les champignons seront alors actifs.

- ✓ A l'inverse de ne pas trop humidifier par ce qu'un excès d'eau réduit la place de l'oxygène et entraîne le pourrissement et l'émanation d'une forte odeur désagréable.



Figure 6 : Test d'humidité

II.2.3.3. L'arrosage

L'arrosage de compost constitue l'un des facteurs les plus importants qui augmente la teneur en eau pour l'activité des micro-organismes, il accélère la fermentation.

Nous avons arrosé les andains pour atteindre une humidité comprise entre 50 et 60% (valeur optimale du compostage). L'arrosage s'effectue jusqu'au ruissellement de l'eau à la base, c'est-à-dire jusqu'à observation de lixiviation.

Un arrosage est effectué par ajout d'eau figure 7 (a) et de la margine figure 7 (b) dans le 1^{er} et le 2^e andain afin d'éviter un assèchement préjudiciable au bon déroulement des biodégradations lors du compostage, et à chaque fois, on fait le test d'humidité (figure.6)

Le compost est couvert avec une bâche poreuse afin de permettre à l'air et à l'eau de passer, et elle gardera l'humidité.



Figure 7 : Arrosage avec a) eau ; b) margine.

II.2.4. Méthode d'échantillonnage

Des échantillons homogènes de chaque andain sont prélevés à 0 jour et à chaque phase de compostage.

La méthode utilisée est le quartage (figure 09). Afin de s'assurer de l'homogénéisation de l'échantillon, selon la norme U44-101, nous avons effectué un nombre de prélèvements d'une façon uniforme sur l'ensemble du lot à 2 niveaux de profondeur, de façon à constituer un échantillon global qu'on homogénéise parfaitement. Nous avons défini trois points cardinaux dans l'andain.

Le mélange est divisé en quatre parties équivalentes, en figurant deux axes perpendiculaires pour éliminer deux parties opposées.

Un échantillon composite représentatif de 1 kg est prélevé, et mis dans un sachet en plastique numéroté.



Figure 8 :Principe de quartage

II.2.5. Caractérisation biochimiques

II.2.5.1. Détermination du carbone organique

L'évaluation de la teneur en carbone des amendements organiques consiste à déterminer leur teneur en matière organiques (M.O) par perte au feu et d'appliquer un facteur de proportion du carbone correspondant au rapport MO/C.

Les facteurs les plus souvent utilisés sont 1.724 et 2.0. Selon les laboratoires et la nature des produits pour les composts. Il a été déterminé lors de l'élaboration de la norme nationale du Canada sur les composts (BNQ ,.1996).

Conventionnellement, le pourcentage de carbone est égal à la moitié du pourcentage de la matière organique totale (AFNOR, 1999).

La teneur en matière organique par perte au feu représente la teneur en matière volatile. Cette matière volatile correspond à la teneur en matière organique totale. La teneur en matière organique par rapport à la matière sèche a été déterminé par perte au feu. Ce taux est obtenu par calcination d'un échantillon de 3 g de compost à 550°C pendant 16h (norme NF U 44-160). La teneur en MO a été déterminée pour chaque andain, au cours des premières phases du processus de compostage mésophile et thermophile.

II.2.5.2. Extraction et mesure des acides humiques et fulviques

Les acides humiques (AH) et fulviques (AF) sont extraits par agitation à l'aide d'un agitateur rotatif, durant 2 heures à partir de 10 g de composte additionnés à 100 ml de NaOH 0.1 M dans des flacons Erlen Meyer de 250 ml. Cette fraction soluble en milieu alcalin est récupérée par centrifugation à 2500 rpm durant 25 min. La solution est alors acidifiée à pH 1 par ajout d'acide chlorhydrique (HCl 6M). Après une nuit à + 4 °C, la fraction soluble en milieu acide, l'acide fulvique est séparée de la fraction insoluble d'acides humiques par centrifugation à 10000 rpm durant 10 min. Les deux fractions sont séchées dans une étuve à 105°C pendant 48 heures (figure 10) et pesées par la suite.

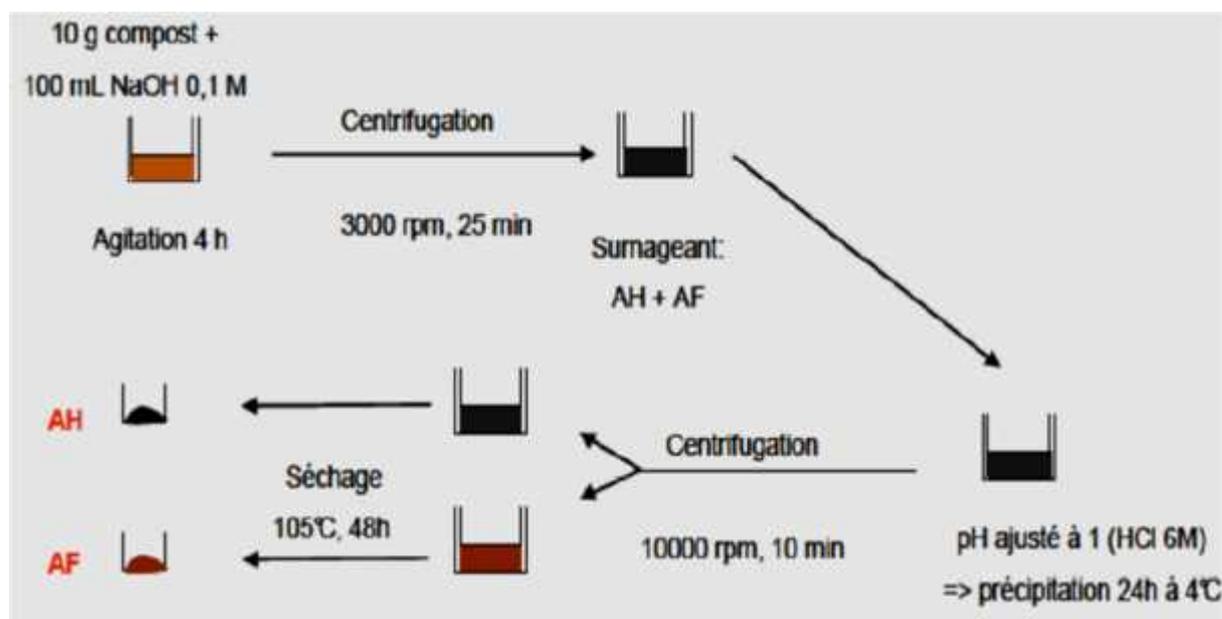


Figure9 : Schéma d'extraction des acides humiques et fulviques

III.1. Évolution de la matière organique

Les taux de matières organiques dans les composts des deux andains, mesurés à partir du taux de cendres après calcination, d'un échantillon de 3 g calciné à 550°C, pendant 16 heures, (norme NF U 44-160), sont représentés par la figure 11, et montrent que les teneurs en MO dans tous les échantillons diminuent de la phase mésophile à la phase thermophile.

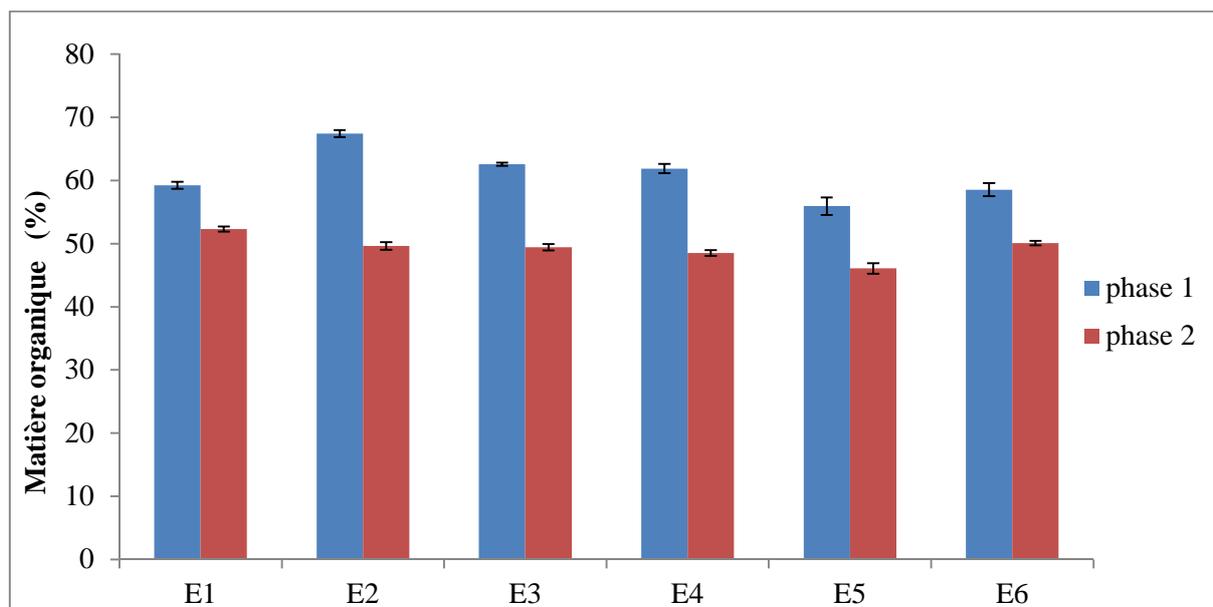


Figure 10 : Teneurs en matière organique des différents échantillons de l'andain 1 en phase mésophile et thermophile

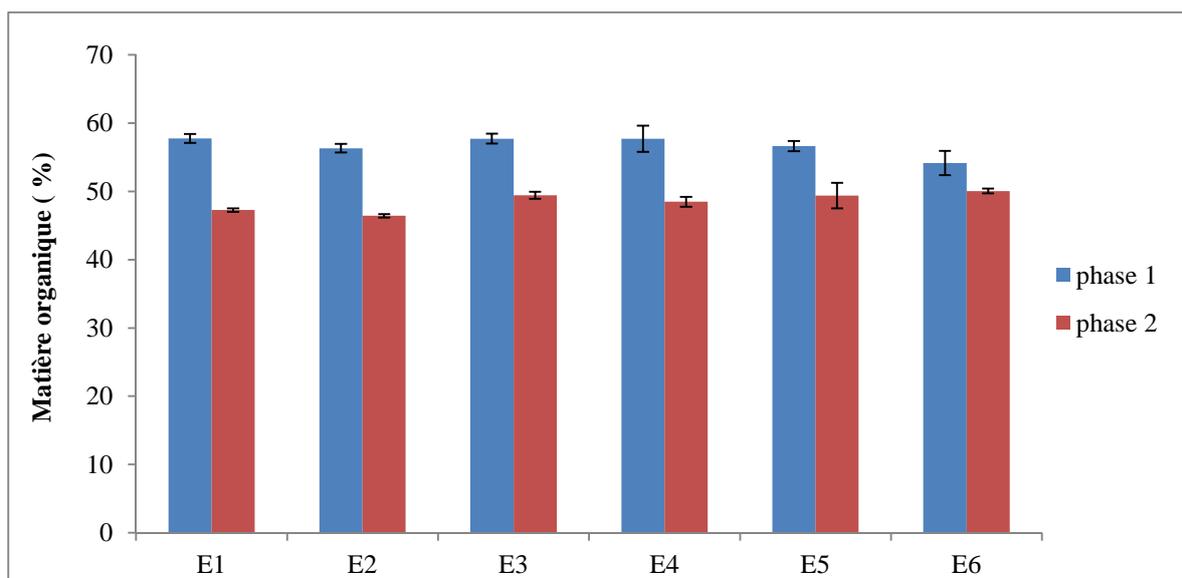


Figure 11 : Teneurs en matière organique des différents de l'andain 2 échantillons en phase mésophile et thermophile

La phase mésophile dure jusqu'à 15 jours, nous assistons à une importante biodégradation pour l'andain I, passant de (59,3%) à T 15 jours à (52,3%) à 182 jours.

Pour l'andain 2, ce taux passe de (57,77%) à T 15 jours à (48,5%) après T 182 jours. Cette différence est due à l'activité des micro-organismes.

Les résultats obtenus lors de notre expérimentation concordent avec les résultats obtenus par Albrechet(2007) dont les teneurs d'ordre de 58,5% à 48,9 %.

La première phase du compostage est la phase mésophile où la température atteint 42°C. Selon Hassen et al (2001), cette élévation de la température est la conséquence directe de l'oxydation de la matière organique des substrats, ainsi l'oxydation permet la libération de l'énergie contenue dans les liaisons chimiques des molécules constitutives (Ryckeboer et *al.*, 2003).

A la phase thermophile selon Kandeler et al., (1999) et Marx et al.,(2001), les températures augmentent et atteignent (60-67°C), les microorganismes produisent alors des enzymes tel que la (cellulases, hémicellulases, protéases, lipases, phosphatases) lesquels interviennent dans la dépolymérisation des différents constituants des déchets organiques qui permettent la biodégradation de macromolécules facilement décomposables par des réactions de coupures et d'oxydations. La matière organique est fortement dégradée et une part importante de l'eau est évaporée. Cet effet entraîne une diminution des teneurs en matières organiques dans les composts en phase thermophile et confirment les résultats obtenus pour nos composts.

La dégradation de la matière organique entraîne une minéralisation importante du substrat au cours du compostage. Les composts se caractérisent donc par des teneurs en matières organiques inférieures à celles des déchets bruts.

III.2. Analyse des substances humiques et fulviques

Le fractionnement chimique des acides humiques et fulviques a permis de suivre l'évolution de l'humification des matières organiques pendant le compostage. Les teneurs en acide humiques et fulviques dans les deux andains sont représentés dans le tableau 03.

Tableau 3. Evolution de rapport AH/AF

	AH	AF	AH /AF
T_{15j} de compostage			
Andain 01	7,21	3,19	2,26
Andain 02	6,80	2,80	2,42
T à 182j de compostage			
Andain 01	7,56	2,15	3,51
Andain 02	7,02	1,15	6,10

Les solutions des différentes fractions des substances humiques et fulviques présentent les colorations selon la figure 13.

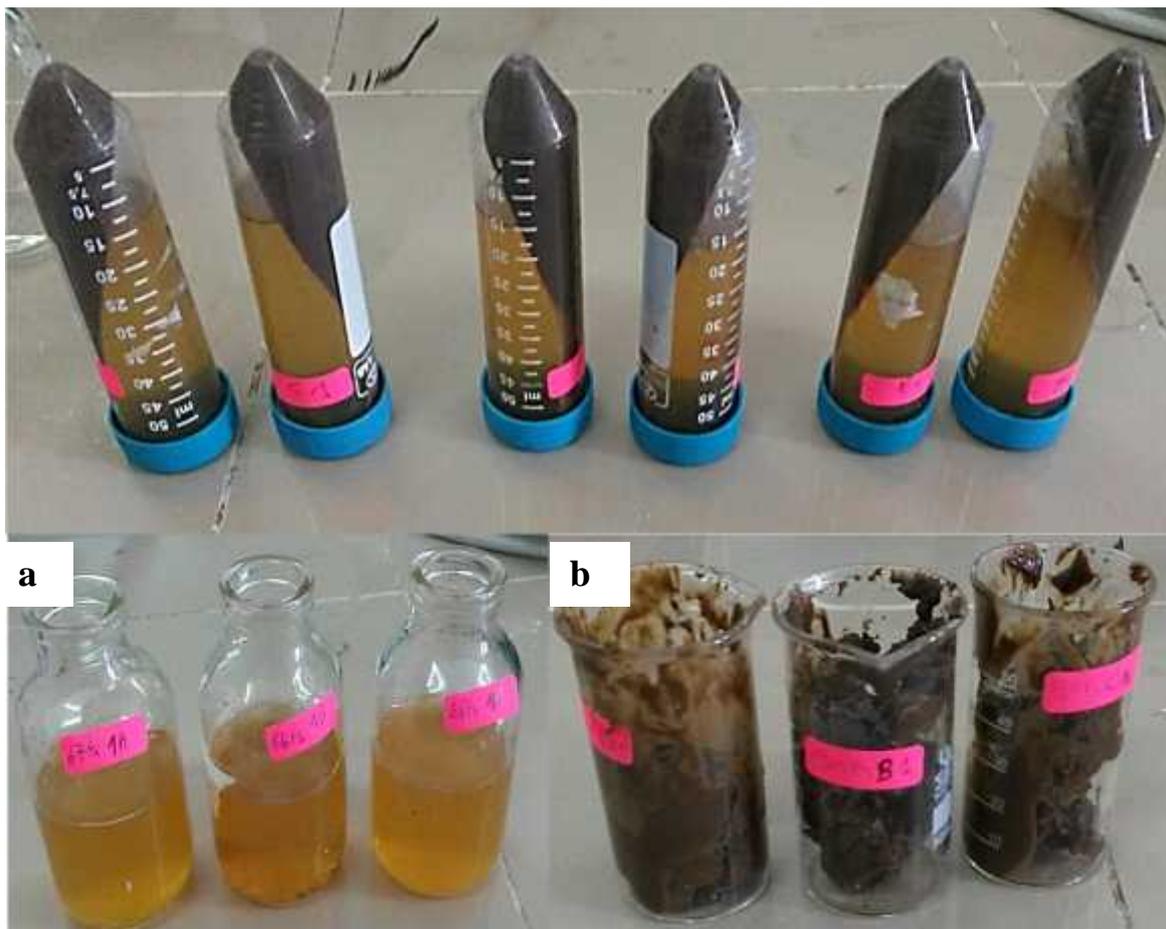


Figure 12 :Extraction des acides fulviques (a) acides humiques (b)

On peut ainsi constater sur les photos de cette figure que les acides fulviques ont une teinte très claire tendant vers le jaune similaire aux couleurs indiquées dans la littérature, signe d'une faible teneur en carbone. Comme aussi les acides humiques ont une coloration noirâtre qui indique une forte concentration en carbone.

Les acides humiques sont présents au stade initial du compostage soit T15 avec une teneur de 7,21% pour l'andain 1 et 6,80 % pour l'andain2, puis on observe une légère augmentation après une période de T182jours avec 7,56 et 7,02 % respectivement.

Il se pourrait que le résidu noir issu de l'extraction d'acide ne serait constitué en totalité d'acide humiques mais en grande partie de lignine, hémicellulose, cellulose. D'ailleurs la ligne est une substance noire, quant aux acides fulviques à eux, il diminue, soit 3,19 pour l'andain1 et 2,80 % pour l'andain2. Après T182j, on obtient 2,15 et 1,5 % respectivement. Une partie est facilement biodégradable et l'autre partie se transforme en acide humique. Une diminution de la teneur en acide fulvique et une augmentation de la teneur en acide humique sont généralement observées (Francou *et al.*, 2005)

Plusieurs études ont montré que l'augmentation de l'acide humique est un indicateur du degré d'humification des matières organiques et donc du degré de maturité des composts (Veeken *et al.*, 2000 ; Huang *et al.*, 2006). Huang *et al.* (2006) ont aussi expliqué que l'humification des matières organiques se produit principalement à travers la fraction d'AH et peu à travers la fraction d'AF. Ainsi, le rapport AH/AF a souvent été proposé comme indicateur des processus d'humification et comme indice de maturité (Sanchez-Monedero *et al.*, 1999, Tomati *et al.*, 2000). Pour Jouraiphy *et al.* (2005), l'augmentation du rapport AH/AF provient de la formation d'AH par la polymérisation d'AF ou par la dégradation de substances nonhumiques de la fraction d'AF, suivie par la formation de structures humiques polycondensées AH.

Conclusion et perspectives

La diminution de la fertilité des sols suite à une agriculture trop intensive ou inappropriée s'observe actuellement sur les sols agricoles. Il en résulte une perte de matière organique stable dans les sols et par conséquent une diminution des réserves nutritives.

En effet, le compost permet un amendement de qualité pour les sols agricoles, améliore des propriétés physiques, sa fertilité et donc leur productivité.

Notre étude s'est focalisée sur un procédé de co-compostage des boues de station d'épuration avec des sous produits oléicoles et fumier de bovin.

Le procédé du co-compostage en andains qui a été lancé au mois de mars 2019 et le suivi des paramètres biologiques et biochimiques durant les deux premières phases du co-compostage a révélé que :

- la teneur en matière organique des composts de l'andain 1 est de 59,3% et dans l'andain 2 elle est de 57,77% durant la phase mésophile. Ces teneurs diminuent à la phase thermophile et atteignent des valeurs de 52,3% dans le compost de l'andain 1 et 48,5% dans le compost de l'andain 2.

Le taux de matière organique diminue au cours le processus de co-compostage.

Au cours du compostage, une diminution de la teneur en acides fulviques et une augmentation de la teneur en acides humiques sont observées au bout de 182 jours, ce qui permet l'augmentation de rapport AH/AF, pour l'andain 1 de 2,26 à 3,51 et pour l'andain 2 de 2,42 à 6,10.

L'augmentation du rapport AH/AF provient de la formation d'AH par la polymérisation d'AF, le rapport AH/AF a souvent été proposé comme indicateur des processus d'humification.

Conclusion et perspectives

Perspectives

Afin de compléter et d'approfondir ce travail, il serait souhaitable de faire :

- ✚ Analyses de la lignine, la cellulose et l'hémicellulose
- ✚ autres analyses physico-chimiques
- ✚ Continuer à suivre le processus de compostage
- ✚ Augmenter les traitements
- ✚ Faire le test de phytotoxicité
- ✚ Faire des essais aux sols afin de tester la valeur agronomique
- ✚ Diminuer les quantités de grignon d'olive qui se dégradent difficilement
- ✚ Compléter les analyses par spectroscopie RMN qui permettra de quantifier les structures aromatiques

Références bibliographiques

- **ADANI F. P. L., GENEVINI ET F., TAMBONE., 1995.** A new index of organic matter stability. *Compost Science & Utilization*, 3:23-37.
- **ADAS., 1993.** Les fertilisants organiques. Sciences et techniques de l'an 2000 : 124 pages.
- **ADEME., 2001 A.** Les boues chaulées des stations d'épuration municipales : production, qualité et valeur agronomique, Ademe édition, Paris, pp. 224.
- **ALBRECHT R., 2007.** Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : Nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique. Thèse de doctorat. Université Paul Cézanne Aix-Marseille III. 189p.
- **AMIR S., 2005.** Contribution à la valorisation des boues de station d'épuration par compostage devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost thèse de doctorat en Sciences Agronomiques de l'institut national polytechnique de Toulouse .312 p.
- **ANDREUX, F., MUNIER-LAMY C., 1994.** Génèse et propriétés des substances humiques, In *Constituants et Propriétés des sols Vol. 2*. M. Bonneau et B. Souchier eds., pp. 109- 134, Masson eds, Paris.
- **BEN ROUINA B., GARGOURI K. (2002).** Une fertilisation non conventionnelle : L'utilisation des effluents des huileries en agriculture. Séminaire sur la gestion durable des systèmes de production oléicoles. Monastir-Tunisie 1/3/2002.
- **BENTERROUCHE L., 2007.** Réponse éco physiologique d'essences forestière avec les boues d'épuration. Mémoire de magistère en écologie et environnement.fac sci.nat.vie. uuniv. « Mentouri », Constantine, 178p.
- **BONIN G., 2006.** Connaissance des sols- introduction à la pédologie. P10 ,11.
- **BONIN G., 2006.** Connaissance des sols- introduction à la pédologie. P10 ,11.

Références bibliographiques

- **CELINE PERNIN., 2003.** Épandage de boues dépurées en milieu sylvo-pastoral : Étude des effets in situ et en mésocosmes sur la méso faune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège (*Quercus suber* L.). Thèse doctorat, AIX-MARSEILLE III, p 9.
- **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.
- **DRIDI B.ET TOUMI C.,1998.** Influence d'amendements organiques et d'apport de boues sur les propriétés d'un sol cultivé. Rev .Etude et gestion des sols ,6,1 :7-14
- **DUCHAUFOR P., 1977.** Pédologie. Pédogénèse et Classification, Masson/Ed., Paris, New York, Barcelone, Milan, Mexico, Sao Paulo.
- **DUDKOWSKI A., 2000.** L'épandage agricole des boues de stations d'épuration d'eaux usées urbaines. Courrier de l'Environnement de l'INRA, pp. 134-135.
- **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-Grignon, 289p.
- **FRANCOU C., POITRENAUD M., HOUOT S., 2005 .** “Stabilization of organic matter during composting: influence of the process and feed stocks”. Compost Science and Utilization, 13 :72-83.
- **GARREC N., PICARD-BOUNNAUD F ET POURCHER A.M., 2003.** Occurrence of listeria sp and *L . monocytogenes* in sewage sludge used for land application : effect of dewatering liming and storage in tank on survival of listeria specie ., FEMS immunol .med.microbiol 35.(3).275_280.
- **GIRAD M.C., WALTER C., RÉMY J.C., BERTHLIN J .L., 2005.** Sols et environnement chapitre 11 recyclage de déchets sur les sols , valeur fertilisante à court

Références bibliographiques

terme du phosphore des boues de station d'épuration urbaines. thèse de doctorat en sciences agronomiques de L'INPL.275 p.

- **GRIMAUD., 1996.** la valorisation des boues de station d'épuration en agriculture. Mém. DU. « Eau et Environnement », D.E.P., univ,picardie, Amiens ,44p.
- **HUANG G. F. W.U, Q. T., WONG J. W. C., NAGAR, B. B., 2006.** Transformation of organic matter during co-composting of pig manure with sawdust. *Bioresource Technology* **97**, 1834-1842.
- **ITAB., 2001F.** Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001 p 115-119.
- **ITEB.,1991.** L'élevage bovin et l'environnement –guide pratique. Annexe : Bâtiments d'élevage bovin et porcin- réglementation et préconisations. Ministère de l'Agriculture, ITEB, 94 pages.
- **JOCTEUR M., L 2001.** Conséquences de l'anthropisation des sols. Les boues: quels risques? Colloque Marseille. 5 avril 2001. Mouvement National de Lutte pour l'Environnement éd.
- **JONCOUX, S., 2013.** Les "produits résiduels organiques" pour une intensification écologique de l'agriculture : ressources, déchets ou produits? : Sociologie des formats de valorisation agricole. Toulouse le Mirail - Toulouse II, Toulouse, pp. 417.
- **JOURAIPHY, A., AMIR, S., EL GHAROUS, M., REVEL, J.-C. & HAFIDI, M. 2005.** Chemical and spectroscopic analysis of organic matter transformation during composting of sewage sludge and green plant waste. *International Biodeterioration & Biodegradation* **56**, 101-108
- **KRIBAA M., HALLAIRE V., CURMI P. ET LAHMAR R., 2001.** Effects of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of a soil, in a semi-arid climate. *Soil Till. Res.* **60**: 43-53

Références bibliographiques

- **LE HOUEROU B.,1993.** Les dépôts de fumiers au champs : pertes en azote par percolation des jus sous les tas. In Uget 13, Dossier Ruralité Environnement développement. Luxembourg , 18 novembre 1992. P 73-83.
- **LECLERC B., 2001.** Guide des matières organiques.eds guide technique de l'ITAB.
- **MAHMA S.A., 1995 .** Caractérisation physico-chimique des boues de station d'épuration de Touggourt : Intérêt agricole Thèse, Ingénieur, ITAS, Ouargla.65p.
- **MARTIN H., 2005.** Introduction au compostage agricole, Fiche Technique du Ministère de L'Agriculture et de l'Alimentation, Ontario, Mars 2005.
- **MISRA R.V., ROY R.N ET HIRAOKA H., 2005.** Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole, Rome, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. 51p.
- **O.T.Y., 1997.** traiter et valoriser les boues collection OTV ?N°2 ,457p.
- **OUAZANI R., 2009.** Les boues des stations d'épuration. Cours Master I, Inge. De Manage. et Assaini., Université Cadi Ayad, FSSM, 26 p.
- **PAGLIAI M., VITTORI ANTISARI L., 1993.** Influence of waste organic matter on soil micro- and macrostructure. *Bioresource Technology*, 43, 205-213.
- **PETITJEAN, S., 1996.** Utilisations des déchets en agriculture. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 28, 116-117.
- **RYCKEBOER, J., MERGAERT, J., COOSEMANS, J., DEPRINS, K. & SWINGS, J. 2003.** Microbiological aspects of biowaste during composting in a monitored compost bin. *Journal of Applied Microbiology* **94**, 127-137.
- **SANCHEZ-MONEDERO M. A., ROIG A., CEGARRA J ET BERNAL, M. P., 1999.** Relationships between water-soluble carbohydrate and phenol fractions and the

Références bibliographiques

- humification indices of different organic wastes during composting. *Bioresource Technology* 70, 193-201.
- **SCHULTEN H. R, SCHNITZER M., 1992.** Structural studies on soil humic acids by Curie- Point pyrolysis-gaschromatography/mass spectrometry. *Soil Science*, **153**(3): 29-30.
 - **SHALSOM L., ASPAN A., BAGGE E., THAM M .L.D ET ALBIHN A., 2004.** Bacterial pathogen incidences in sudge from swedish sewage treatment plants .*Water Research*, 38 : 1989-1994.
 - **SOMMERS L. E., 1977.** Chemical composition of sewage sludge and analysis of their potentiel use as fertilizer. *Journal of Environmental Quality*. 6: 225-232.
 - **SOMMERS L.E., NELSON D.W., TERRY R.E., SILVIERA D.J., 1967.** Nitrogen and metal contamination of natural waters from sewage sludge disposal on land.N.T.I.S.
 - **TOMATI, U., MADEJON, E., GALLI, E. 2000.** Evolution of humic acid molecular weight as an index of compost stability. *Compost Science & Utilization* 8, 108-115.
 - **VEEKEN, A., NIEROP, K., WILDE, V. D., HAMELERS, B. 2000.** Characterisation of NaOHextracted humic acids during composting of a biowaste. *Bioresource Technology* 72, 33-41.
 - **VIGNERON 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.29p.
 - **WASSENAAR T., DOELSCH E., FEDER F., GUERRIN F., PAILLAT J. M., THURIÈS L., SAINT MACARY H., 2014.** Returning Organic Residues to Agricultural Land (RORAL) : Fuelling the Follow-the-Technology approach. *Agricultural Systems* 124, 60-69.

Références bibliographiques

- **WERSHAW R. L. 1986.** A new model for humic materials and their interactions with hydrophobic organic chemicals in soil-water or sediment-water systems. *Journal of Contaminant Hydrology* **1**, 29-45.
- **WERSHAW R. L. 1993.** Model for Humus in Soils and Sediments. *Environmental Science et Technology* **27**, 814-816

Résumé

L'objectif de ce travail était de valoriser les sous-produits de l'industrie oléicole et boues résiduelles urbaines. Deux composts en andains ont été mis en place et suivi pendant deux phases de compostage (mésophile et thermophile).

Les résultats obtenus ont montré, une diminution des taux de matière organique soit de 59,3% et 57,77% pour l'andain I et II à 52,3% et 48,5% respectivement après 182 jours de compostage, en raison de la richesse des substrats en lignine des composés de départ. Une diminution de la teneur en acide fulvique et une augmentation de la teneur en acide humique sont généralement observées. Les valeurs des rapports AH/AF après 182 jours, augmente de 2,26 à 3,51 pour l'andain 1 et pour l'andain 2 de 2,42 à 6,10.

Mots clés : Boues urbaines, sous-produits oléicoles, compostage, matière organique, acide humiques et acide fulviques,...

Summary

The objective of this work was to valorize the by-products of the olive oil industry and urban waste sludge. Two windrow composts were set up and monitored during two composting phases (mesophilic and thermophilic).

The results obtained showed a decrease in organic matter levels from 59.3% and 57.77% for windrow I and II to 52.3% and 48.5% respectively after 182 days of composting, due to the richness of the lignin substrates of the starting compounds, a decrease in fulvic acid content and an increase in humic acid content are generally observed. The AH/AF ratio values after 182 days increase from 2.26 to 3.51 for swath 1 and for swath 2 from 2.42 to 6.10.

Keywords: Urban sludge, olive oil by-products, composting, organic matter, humic acid and fulvic acid,.