

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Département des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques



Mémoire



En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Biologie
Spécialité : Protection des écosystèmes

THEME

Valorisation des déchets organiques (fraction fermentescible des déchets ménagers et assimilés et le grignon d'olives) dans la commune de Ait Yahia Moussa

Présenté par: Mr. BOUFERRACHE Ali-Lotfi

Présidente: Mme CHAOUCHI-TALMAT N. Maître de conférences A U.M.M.T.O.

Promotrice : M^{elle} METNA F. Maître de conférences A U.M.M.T.O.

Co-Promoteur: Mr HAMMOUM A. Maître de conférences B U.M.M.T.O.

Examineur : Mr MEZANI S. Maître de conférences B U.M.M.T.O.

Examineur : Mr SLIMANI R. Doctorant U.M.M.T.O.

Promotion 2018/2019

Remerciement

Je remercie **Allah**, le bon Dieu miséricordieux de m'avoir aidé à réaliser ce modeste travail.

Mes vifs remerciements et profonds respects s'adressent tout d'abord à ma promotrice **Melle Metna F** maître de conférences à l'U.M.M.T.O et mon Co-promoteur **Mr Hammoum A** maître de conférences **B** à l'U.M.M.T.O pour avoir accepté de m'encadrer, de m'aider, de m'orienter, de me conseiller et de m'encourager tout au long de la réalisation de ce travail, et de mon parcours universitaire.

Mes remerciements s'adressent aussi à **Mme Chaouchi-Talmat N**, maître de conférences A à l'U.M.M.T.O d'avoir accepté de présider mon jury et à **Mr Mezani S** maître de conférences A à U.M.M.T.O ainsi qu'à **Mr Slimani R.** Doctorant à U.M.M.T.O pour avoir bien accepté d'examiner mon travail

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Mr Slimani Rachid, pour son aide précieuse et le temps qu'il m'a consacré, et pour m'avoir fait bénéficier de ses connaissances dans le domaine.

Je veux remercier ici tous mes amis pour leur patience et l'amitié indéfectible qu'ils m'ont témoignés, repère salvateur de tous les instants : le groupe des "400 coups", avec Nassim, Ghilas, Younes et Yahia pour toutes les soirées et quelques week-ends inoubliables, mes frères Djamel, Nassim et Messaoud, pour l'oxygénation représentée par chacun des moments partagés avec eux.

La dernière personne que je remercierai parmi mes amis n'est pourtant pas la moindre, loin s'en faut. En effet, SMAIL Djamel a été pour moi un soutien sans faille et une inépuisable source de réconfort dans les moments de doute et de découragement. Je tiens à le remercier très sincèrement d'avoir été un premier relecteur aussi efficace et éclairé et pour toutes les discussions passionnées autour de mes résultats ; pourtant parfois assez obscurs. Je lui suis infiniment reconnaissant pour ses conseils avisés, son aide, son amitié et bien plus encore.

Quelques lignes ne suffiront pas pour remercier mes parents du soutien infaillible qu'ils m'ont apporté dans les moments de doute les plus sévères, et pour avoir pris en charge les soucis matériels imprévus durant toute la durée de mes études.

Je tiens enfin à exprimer un merci très particulier aux artistes qui m'auront soutenue sans même le savoir !- lors des longues heures solitaires de révision, et de rédaction, en particulier Manu Chao, Sting et bien sûr MATOUB L. et LANI R. , comprenez qui pourra...

BOUFERRACHE Ali-Lotfi

Dédicaces

Dédicaces

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, Le respect, la reconnaissance... Aussi, c'est tout simplement que

Je dédie ce modeste mémoire

A ma très chère mère : SEDDAOUI Dalila

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes cotés quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

A mon très cher père : Rachid

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquents soit-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidés mes pas vers la réussite. Ta patience sans fin, ton obstinance et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour jamais te décevoir. Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

A Mes chères grand-mères paternelle et maternelle

Que ce modeste travail, soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières. Que Dieu vous préserve santé et longue vie.

A ma très chère épouse Tassadit, et mes adorables enfants Lyna et Amine-Rachid

Ton encouragement et ton soutien étaient la bouffée d'oxygène qui me ressourçait dans les moments pénibles, de solitude et de souffrance. Merci d'être toujours à mes côtés, par ta présence, par ton amour dévoué et ta tendresse, pour donner du goût et du sens à notre vie de famille ; En témoignage de mon amour, de mon admiration et de ma grande affection, je te prie de trouver dans ce travail l'expression de mon estime et mon sincère attachement. Je prie Dieu le tout puissant pour qu'il te donne bonheur et prospérité.

A mes enfants vous êtes les prunelles de mes yeux puisse se travail vous encourager à étudier.

A mes très chères sœurs

En souvenir d'une enfance dont nous avons partagé les meilleurs et les plus agréables moments. Pour toute la complicité et l'entente qui nous unissent, ce travail est un témoignage de mon attachement et de mon amour.

A ma grande famille : je cite en particulier, Fatma et Rosa, mes tantes, mes oncles ainsi que mes cousins et cousines.

A mes beaux-parents : SMAIL Ammar et BENSLAMA Fetta

Je ne pourrais jamais exprimer le respect que j'ai pour vous. Vos prières, vos encouragements et votre soutien m'ont toujours été d'un grand secours. Puisse Dieu, le tout puissant vous préserver du mal, vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie.

Liste des abréviations

A.N.D : Agence national des déchets

A.D.E.M.E : Agence de l'environnement et de la maitrise de l'énergie

Csa : Climat méditerranéen avec été chaud

DMA : Déchets ménagers et assimilés

DO : Déchets organiques.

DU : Déchets ultimes

DR : Déchets recyclables

GT : Grand tas

Mx : Métaux

P : Plastique

P/C : Papier, Carton

Liste des figures

Figure 1 : Les phases du compostage (Maystre et <i>al.</i> 1994), modifiée.....	10
Figure 2 : Carte géographique de Ait Yahia Moussa (Google Maps, 2018).....	12
Figure 3 : Vue aérienne du chef lieu d'Ait yahia Moussa (Google Maps, 2019)	13
Figure 4 : Vue aérienne de l'huilerie (Amrioui) à Ait Yahia Moussa (Google Maps,2019).....	14
Figure 5 : Chaine d'extraction d'huile d'olives V1.....	14
Figure 6 : Système d'extraction de l'huile d'olive par centrifugation à trois phases.....	15
Figure 7 : Réception des déchets	20
Figure 8 : Homogénéisation des déchets.....	21
Figure 9 : Formations des tas (DO 1, 2,3) et des tas (GT 1,2).....	21
Figure 10 : Suivi des paramètres.....	22
Figure 11 : Grains de blé.....	23
Figure 12 : Tests de phytotoxicité.....	23
Figure 13 : volume des tas au premier jour après l'homogénéisation.....	24
Figure 14 : volume de l'un des tas au 08ème jour.....	24
Figure 15 : Volume au 19ème jour	25
Figure 16 : Compost arrivé à maturité.....	25
Figure 17 : Evolution des températures des différents tas durant le processus de compostage.....	26
Figure 18 : Evolution du pH dans les différents tas.....	28
Figure 19 : Taux de germination pour les différents types de substrats dans les différents tas.....	31

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Généralités et définitions	3
1. Définitions.....	3
1.1 Définition d'un déchet.....	3
1.2 Définition des Déchets ménagers et assimilés (selon la loi 01-19).....	3
1.3 Typologie des Déchets.....	3
2. Cadre réglementaire.....	4
3. Déchets organiques.....	5
3.1 Définition.....	5
4. Sous-produits oléicoles.....	5
4.1 Les sous-produits d'huilerie.....	6
4.2 Les résidus de la taille et de la récolte.....	6
5. Compostage.....	7
5.1 Définition.....	7
5.2 Matériaux compostables.....	7
5.3 Paramètres du compostage	8
5.3.1 L'humidité (H en%).....	8
5.3.2 Le rapport carbone/azote (C/N)	8
5.3.3 La température.....	9
5.3.4 Le Ph.....	9
5.4 Phases du processus de compostage.....	9
5.4.1 Description des différentes phases du processus de Compostage.....	9
1. Phase mésophile (A).....	10
2. Phase thermophile (B).....	10
3. Phase de refroidissement (C).....	10
4. Phase de maturation (D).....	11
Chapitre II : Présentation du site d'étude et méthodologie	12
1. Présentation de la commune.....	12
2. Présentation de l'huilerie.....	13
3. Fonctionnement de l'huilerie.....	14
• Broyage.....	15

Sommaire

• Malaxage.....	15
• Séparation des phases.....	15
• Décantation.....	15
Chapitre III : Méthodologie.....	17
1. Objectifs.....	17
2. Méthodologie du travail.....	17
2.1 Essais de compostage.....	17
2.2 Suivi des paramètres.....	18
2.2.1 Température.....	18
2.2.2 PH.....	18
2.2.3 Humidité.....	18
2.3 Test de germination	19
2.3.1 Définition.....	19
2.3.2 Protocole.....	19
3. Essais du compostage.....	20
3.1 Réception des déchets.....	20
3.2 Homogénéisation.....	20
3.3 Mise en tas.....	21
4. Suivi des paramètres.....	22
5. Test de germination	23
Chapitre IV : Résultats & Discussions.....	24
1. Evolution Du compostage.....	24
2. Evolution des paramètres des compostes.....	26
2.1. Température.....	26
2.2. Evolution de l'humidité.....	28
2.3 PH.....	28
3. Résultat des tests de phytotoxicité.....	30
3.1. Test de germination	30
4. Discussion.....	32
Conclusion.....	37

Introduction

La valorisation des déchets en général et des déchets organiques biodégradables en particulier constitue une des priorités de la politique de gestion des déchets.

L'enjeu est de favoriser la gestion biologique des déchets, tout en maîtrisant les impacts environnementaux et sanitaires qui y sont potentiellement associés. Cette volonté de promouvoir une valorisation organique durable des déchets biodégradables s'inscrit dans la hiérarchie générale largement adoptée pour la gestion des déchets : prévention, réutilisation, valorisation matière, valorisation énergétique et élimination. Plus spécifiquement, elle se justifie par l'intérêt supposé du « retour au sol » de la matière organique, et par les nuisances qu'occasionnent les déchets biodégradables introduits dans les autres filières de traitement, notamment la mise en décharge, comme c'est le cas en Algérie.

Comme dans tous les pays en voie de développement, les problèmes liés à la gestion des déchets ménagers se posent. En Algérie, la quantité de déchets ménagers et assimilés a connu une augmentation substantielle au cours des dernières décennies en raison d'une croissance démographique galopante conjuguée à une urbanisation non maîtrisée.

Ce phénomène est accentué en raison d'insuffisance de moyens et d'équipements appropriés.

Les procédés de traitement des déchets ménagers contribuent largement à la réduction des nuisances et de leur impact sur l'environnement (Debray, 2002).

Le compostage des ordures ménagères est le plus répandu car il conduit à leur valorisation et à la gestion de la matière organique ; surtout en Algérie sachant que 60 % des déchets sont de nature organique (A.N.D).

Le compostage présente un double objectif celui de produire un amendement organique sans impact négatif sur l'environnement, ainsi que de réduire les nuisances des déchets en contribuant au maintien de la qualité de l'environnement.

Notre étude s'inscrit dans le projet de recherche qui porte sur la gestion des déchets ménagers et assimilés dans la région de la Kabylie, faisant suite à d'autres travaux et études qui se réalisent chaque année dans ce domaine, citons les travaux de Slimani & Chemim (2018), Kanane & El Kachai (2018), Chellah & Dehissi (2018), Abbas & Djezairi (2018) et Yefsah (2017) ...etc. Elle a pour objectif de valoriser les déchets organiques (fraction fermentescible des déchets ménagers et assimilés et le grignon d'olives).

Ce travail est structuré en quatre chapitres:

- Dans le premier chapitre, qui est consacré aux notions de base liées au domaine de la gestion des déchets, nous avons donné quelques généralités et définitions ayant trait à la notion de déchets et leur gestion.
- Le deuxième chapitre étant la présentation de la région et du site d'étude.
- Dans le troisième chapitre, on trouve la méthodologie suivie ainsi que le matériel utilisé lors de la réalisation de notre travail.
- Dans le quatrième et dernier chapitre, nous avons présenté, traité et discuté les résultats obtenus.

Chapitre I : Généralités et définitions

1. Définitions

1.1. Définition d'un déchet

Un déchet peut être défini de différentes manières selon le domaine et l'intérêt d'étude, et parfois l'origine et l'état des déchets.

La loi N° 01-19 du 12/12/ 2001 article 3 du journal officiel de la république algérienne N° 77 en 2001, définit le déchet comme : Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a obligation de se défaire ou de l'éliminer.

1.2. Définition des déchets ménagers et assimilés

Selon la loi algérienne 01-19, les déchets ménagers et assimilés sont définis comme suit : « tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales et autres, qui par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers ».

1.3 Typologie des Déchets

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

La typologie des déchets ménagers et assimilés en Algérie est présentée dans le tableau suivant, suite aux travaux effectués par l'AND (2014).

Tableau 1 : Typologie des déchets ménagers et assimilés en Algérie AND (2014).

CLASSE	CATEGORIE	TYPES
DMA	DO : 60%	DO : 60%
	DR : 20%	plastique : 10%
		P/C : 7%
		Mx : 2%
		verre : 1%
DU : 20%	exemple (couche bébé, mouchoir usagé)	

DMA : déchets ménagers et assimilés ; DO : déchets organiques ; DR : déchets recyclables ; DU : déchets ultimes ; P/C : papier, carton ; Mx : métaux

2. Cadre réglementaire

La politique de gestion des déchets s'inscrit dans la Stratégie Nationale Environnementale (SNE), ainsi que dans le Plan National d'Actions Environnementales et du Développement Durable (PNAE-DD) qui s'est concrétisée par la promulgation de:

- ❖ **Loi N 01-19 du 12 Décembre 2001**, relative à la gestion, au contrôle et l'élimination des déchets.
- ❖ **Loi N 03-10 du 19 juillet 2003**, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- ❖ **Décret N 02-372 du 11 novembre 2002**, relatif aux déchets d'emballages.
- ❖ **Décret N 02-175 du 20 mai 2002**, portant création, organisation et fonctionnement de l'Agence Nationale des Déchets.
- ❖ **Décret N 04-199 du 19 juillet 2004**, fixant les modalités de création, organisation, fonctionnement et de financement du système public de reprise et de valorisation des déchets d'emballages Eco-Jem.

3. Déchets organiques

3.1. Définition

Les déchets organiques ou sous une autre appellation des déchets fermentescibles, ou déchets biodégradables sont des déchets constitués pour l'essentiel, de composants générés naturellement qui peuvent être décomposés, à plus ou moins longue échéance, par des bactéries ou des microchampignons avant d'être absorbés par l'écosystème.

Selon Gillet (1985), les déchets organiques sont un ensemble de résidus hétérogènes dans lesquelles on trouve :

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

4. Sous produits oléicoles

Bien que la production de l'olivier soit répartie sur les cinq continents, elle est surtout prédominante dans la zone du Bassin Méditerranéen qui représente 98% de la surface et des arbres en production et 97% de la production totale d'olives (Nefzaoui, 1984).

Il est à noter que l'industrie oléicole génère des déchets en grande quantité, et ces des déchets n'étant pas traités convenablement peuvent engendrer des dommages colossaux à l'environnement, on cite :

4.1 Sous-produits d'huilerie

L'industrie oléicole engendre en plus de l'huile comme produit principale, de grandes quantités de sous-produits dont nous citons :

- **le grignon brut:** c'est le résidu de la première extraction de l'huile par pression de l'olive entière, ses teneurs relativement élevées en eau (24%) et en huile (9%) favorisent son altération rapide lorsqu'il est laissé à l'air libre.
- **le grignon épuisé:** c'est le résidu obtenu après déshuilage du grignon brut par un solvant, généralement l'hexane.
- **le grignon partiellement dénoyauté:** résulte de la séparation partielle du noyau de la pulpe par tamisage ou ventilation
 - il est dit "gras" si son huile n'est pas extraite par solvant
 - il est dit "dégraissé ou épuisé" si son huile est extraite par solvant
- **la pulpe d'olive:** c'est la pâte obtenue lorsque le noyau a été séparé de la pulpe préalablement à l'extraction de l'huile, elle est riche en eau (60%) et de conservation très difficile.
- **les margine:** c'est le résidu liquide aqueux brun qui s'est séparé de l'huile par centrifugation ou sédimentation après le pressage (Fedeli et Camurati, 1981).
- **les feuilles collectées à l'huilerie:** ce ne sont pas les résidus de la taille, mais des feuilles obtenues après le lavage et le nettoyage des olives à l'entrée de l'huilerie, leur quantité est estimée à environ 5% du poids des olives (Zoïopoulos, 1983).

4.2. Résidus de la taille et de la récolte

Les oliviers subissent en général une taille sévère un an sur deux et une taille légère l'autre année. Après séparation des grosses branches, les feuilles et ramilles (diamètre inférieur à 3 cm) peuvent être distribuées aux ruminants.

5 .Compostage

5.1. Définition

Le compostage est un processus biologique aérobie de conversion et de valorisation des matières organiques (sous-produits de l'élevage, biomasse, déchets organiques d'origine ménager, etc.) en un produit stabilisé, hygiénique, semblable à un terreau, riche en composés humiques et minéraux (le compost). Le compostage peut être réalisé dans des composteurs à l'échelle d'un foyer, de quelques foyers ; à une plus grande échelle il est possible de le pratiquer sur des parcelles de terres agricoles pour convertir les fumiers, ou encore dans des plates-formes pour convertir les déchets ménagers et les chutes de biomasse. Le compostage peut être un moyen de traiter tout, ou une partie des bio-déchets des villes, notamment dans les pays en développement (Mustin, 1987).

5.2. Matériaux compostables

Les différents matériaux susceptibles d'être compostés selon Michaud (2007) sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 2 : Différents matériaux susceptibles d'être compostés (Michaud, 2007)

Déchets compostables	Exemples
Déchets de cuisines	Restes de repas, pain rassis, aliments abimés, épluchures de fruits et légumes, les fruits et légumes pourris, coquilles d'œufs, marc de café, sachets des infusions de thé, graisse et huile, viande, os, poissons et produits laitiers
Déchets ménagers non alimentaires	cartons (boîtes à œufs et autres cartons), papier journal, essui-tout, couches de bébés et lingettes, sciure de bois, cendres de bois, cendres de charbon, excréments d'animaux, papier glacé ou de couleur, tissus, mégots de cigarettes
Déchets de jardin	Paille, foin, feuilles mortes, petits branchages, écorces (broyées), mauvaises herbes (non grainées), gazon, pommes de terre flétries, végétaux, plantes, grosses tailles de branches entières

Déchets fermentescibles de l'activité commerciale	Des restaurants des établissements publics, des cantines, des entreprises, des restaurants privés, magasins de fruits et légumes, les fruits et légumes abandonnés au niveau des marchés hebdomadaires, Magasins de chaussures
Déchets agricoles	Les effluents d'élevages solides (fumier ou déjection d'animaux), les déchets d'élevage renfermant des produits d'origine animale ou végétales comme les déchets en fourrage, les résidus des cultures, des graines (blé), les sarments de vigne, les rafles de maïs, Les résidus des cultures maraichères...
Déchets industriels et agroalimentaires	Les déchets de transformation : blé-farine, orange-jus d'orange, Les sous produits des abattoirs et de l'industrie de la viande.

5.3. Paramètres du compostage

De nombreux paramètres interviennent dans le processus de compostage, parmi lesquels l'humidité, la température, le pH et le rapport carbone azote.

La qualité du compost dépend donc de ces paramètres :

5.3.1 Humidité (H en %)

L'eau est le plus important facteur d'influence de la sensibilisation des déchets, le taux d'humidité affecte particulièrement la vitesse de la dégradation du massif ; la circulation de l'eau dans les déchets joue aussi un rôle prépondérant en assurant la dispersion des micro-organismes et des nutriments. Dans les régions arides et semi-arides dans lesquelles sont couplées un manque d'eau et une forte chaleur, le temps de dégradation est augmenté car la dégradation des déchets est limitée aux périodes humides (Hacala, 1998).

5.3.2 Rapport carbone/azote (C/N)

Ce paramètre mesure la qualité des ordures ménagères pour leur valorisation en tant qu'amendements organiques, c'est à dire qu'il permet d'apprécier aussi bien l'aptitude des ordures ménagères au compostage que la qualité du compost obtenu. Un compost est valable à partir du rapport $C/N < 35$ au départ de la fermentation aérobie et contrôlée et en obtenant un rapport de $18 \leq C/N \leq 20$. En Algérie le rapport C/N dépasse rarement 15 (Gillet, 1985).

5.3.3 Température

Elle influence également sur la vitesse de dégradation en affectant le développement des bactéries et des réactions chimiques, étant donné que chaque micro-organisme possède une température optimale de développement ; donc toute variation de température peut engendrer un déclin de croissance (Hacala, 1998).

5.3.4 pH

Le pH du compost varie en fonction de la flore qui est en action.

5.4. Phases du processus de compostage

Le compostage est un processus de transformation et de décomposition des déchets organiques sous l'action de populations microbiennes aérobies variées. Tout au long du processus, diverses communautés de micro-organismes se succèdent, ces communautés se composent essentiellement de bactéries, d'actinomycètes, de champignons et de protozoaires. Ces micro-organismes sont présents naturellement dans les substrats, et de ce fait le processus de compostage démarre sans aide extérieure.

5.4.1 Description des différentes phases du processus de compostage

L'évolution schématique de la température au sein du compost permet de définir quatre phases au cours du compostage comme le montre la figure suivante.

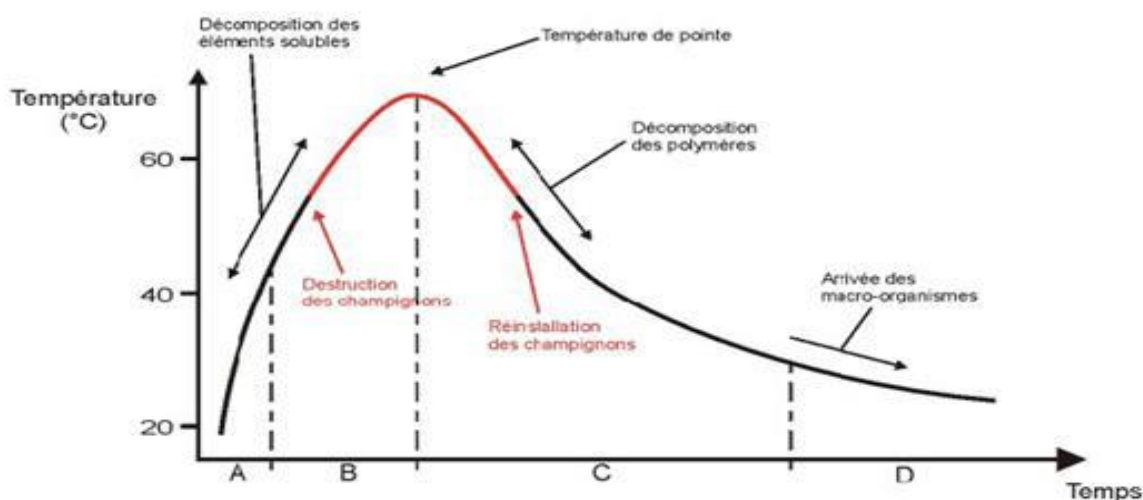


Figure 1 : Les phases du compostage (Maystre et *al.* 1994), modifiée.

1. Phase mésophile (A)

Il s'agit d'une phase latente durant laquelle le milieu est colonisé par les bactéries, la température est proche de 40°C. La production d'acides organiques entraîne une diminution du pH (pH 4,5 à 5,5) (Celerier, 2008).

2. Phase thermophile (B)

Des réactions d'oxydation ont lieu produisant une élévation de température (60 à 75°C) (Celerier, 2008) auxquelles ne résistent que des micro-organismes thermo tolérants ou thermophiles (arrêt de l'activité des champignons, développement des actinomycètes et des bactéries thermophiles) (Znaïdi, 2002). Ces hautes températures caractérisant la phase thermophile ne concernent que le centre du tas (Leclerc, 2001).

Durant cette phase, les micro-organismes dégradent les polymères entraînant une augmentation du pH (6,5 à 8,5) (Celerier, 2008).

3. Phase de refroidissement (C)

C'est la phase intermédiaire entre la phase thermophile et la phase de maturation. Elle prend fin avec le retour à la température ambiante. Le milieu est colonisé de nouveau par des micro-organismes mésophiles. Ils dégradent les polymères restés intacts en phase thermophile et incorporent l'azote dans des molécules complexes (Znaïdi, 2002).

4. Phase de maturation (D)

Cette phase présente peu d'activité microbiologique (recolonisation par des champignons), mais elle est adaptée à la colonisation par la macrofaune ; en particulier les lombrics, lorsque ceux-ci sont présents dans l'environnement du tas. Les matières organiques sont stabilisées et humidifiées par rapport aux matières premières mises à composter (Znaïdi, 2002).

Selon Humeau et Lecloirec (2006), la phase de maturation devient prédominante sur la phase de fermentation aérobie suite à l'épuisement du milieu des molécules simples. Pendant cette phase, les activités enzymatiques produisent des phénomènes de polymérisation et de polycondensation des molécules néoformées au cours de la fermentation aérobie, à des

températures comprises entre 20 et 30°C. Ces processus d'humification sont lents et peuvent durer plusieurs mois.

Chapitre II : Présentation du site d'étude

1. Présentation de la commune d'Ait Yahia Moussa

Aït Yahia Moussa, anciennement Oued Ksari, est une commune de la Daïra de Draa El - mizane dans la wilaya de Tizi-Ouzou, située à 20 km au sud-ouest de cette dernière (Coordonnées 36°38'28'nord. 3°53'18'est), et dont les communes limitrophes sont (figure 2 et 3):

- Au Nord : Tadmait
- Au Nord-est : Tirmatine
- A l'Est : Maatkas
- Au Sud-est : Ain-zaouïa
- Au sud : Draa El-mizane
- Au Sud-ouest : M'kira
- A l'Ouest : Bumerdes
- Au Nord-Ouest : Naceria.

Composée de plus de 20500 Habitants dans une superficie de 62,9 km², la nature du relief y est très accidentée, avec parfois l'absence même de chemins carrossables, formant un vrai obstacle naturel marginalisant la région.



Figure 2 : Carte géographique de Ait Yahia Moussa (Google Maps, 2019)



Figure 3: Vue aérienne du chef lieu d'Ait yahia Moussa (Google Maps, 2019).

Le climat de Draâ El Mizan est chaud et tempéré. L'hiver se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. Cet emplacement est classé comme Csa.

Draâ El Mizan affiche une température annuelle moyenne de 17.0 °C ; les précipitations annuelles moyennes sont de 776 mm (Köppen et Geiger, 1951).

2. Présentation de l'huilerie Amrioui

Bien que récemment implantée, l'huilerie (Amrioui) s'est dotée d'une chaîne d'extraction moderne et respectueuse de l'environnement. Ils y triturent les olives des professionnels mais aussi des particuliers avec une sélection rigoureuse des apports, néanmoins ils travaillent exclusivement avec les producteurs de la région d'Ait Yahia Moussa, à l'exception de quelques producteurs des communes limitrophe. Leurs oliviers sont implantés majoritairement sur les coteaux ensoleillés, secs et caillouteux. Produite exclusivement avec des olives ramassées à la main ou aux peignes dans des filets, cette huile d'olive est extraite par des moyens exclusivement mécaniques et modernes, mais répondant cependant à la tradition ancestrale.



Figure 4: Vue aérienne de l'huilerie (Amrioui) à Ait Yahia Moussa (Google Maps, 2019).

3. Fonctionnement de l'huilerie

L'huilerie (Amrioui) s'est dotée d'une chaîne d'extraction de type V1, fonctionnant avec un système d'extraction par centrifugation à trois phases (figure 5).



Figure 5 : Chaîne d'extraction d'huile d'olives V1

Les olives, une fois réceptionnées, subissent des traitements préliminaires tels que l'effeuillage, l'épierrage (enlèvement des pierres) et le lavage ; afin d'avoir de l'huile de bonne qualité s'en suit :

• **Broyage**

Il est réalisé par des broyeurs mécaniques à disques ou à marteaux. Ces broyeurs peuvent travailler en continu, la pâte étant obtenue presque instantanément.

• **Malaxage**

La pâte est versée dans un bac en inox modérément fluidifiée avec l'eau tiède, dans lequel tourne une spirale ou une vis sans fin, également en inox.

• **Séparation des phases**

Elle consiste à séparer la partie solide (grignons) de la partie fluide (margines). La pâte malaxée est injectée par une pompe dans une centrifugeuse dont l'axe est horizontal (décanteur horizontal).

• **Décantation**

On utilise des centrifugeuses verticales à assiettes qui permettent de séparer l'huile d'olive des margines (Afidol, 2007). Ce procédé d'extraction est illustré dans la figure 6.

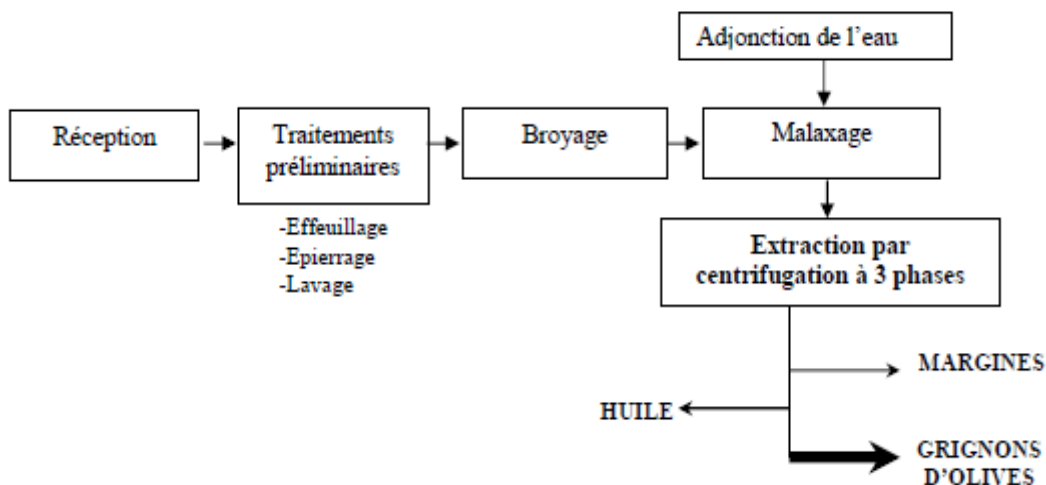


Figure 6 : Système d'extraction de l'huile d'olive par centrifugation à trois phases

Ainsi l'huilerie Amrioui traite 230 quintal / Jour sur une période pouvant s'étaler jusqu'à 5 mois selon la récolte de l'année, ce qui génère des quantités non négligeable de sous produits

(déchets), margines et grignons d'olives qui polluent l'environnement et auxquels ils faut trouver une solution.

Chapitre III : Méthodologie**Méthodologie**

Nos essais de valorisation des déchets organiques (fraction fermentescible des DMA et sous produits oléicoles) ont été réalisés à l'extérieur de l'huilerie « Amrioui » dans la commune de Ait Yahia Moussa, Daira de Draa El Mizan, et ce pendant la période allant du 20 février 2019 jusqu'au 10 juin 2019.

1. Objectifs

Les objectifs de notre étude sont les suivants :

- Essais de valorisation des bio-déchets par compostage en utilisant le grignon d'olives comme apport carboné.
- Suivi des paramètres du compost (température, pH et humidité)

2. Méthodologie du travail**2.1. Essais de compostage**

Pour la réalisation des essais de compostage, quatre (04) étapes ont été suivies.

- Réception des déchets : les matériaux compostés utilisés dans notre étude sont de deux natures. Pour le grignon d'olives, il se trouvait sur place puisque l'huilerie génère des quantités énormes de grignons chaque campagne de trituration. Quant aux déchets verts ils nous ont été apportés d'un marché de gros de fruits et légumes dans des sacs de 30kg (entre fruits et légumes).
- Homogénéisation qui se déroule en deux étapes :
 - En premier lieu l'homogénéisation des déchets verts : tous les déchets verts sont déversés par terre et mélangés à l'aide de pelles pour les homogénéiser.
 - Puis après peser des différents déchets (verts et grignons d'olives), on procède à l'homogénéisation de ces derniers pour former les tas.
- Mise en tas : cinq (5) tas sont formés dont trois sont identiques (même quantité et même composition), disposer dans une serre dans le but étant de les couvrir, le quatrième et le cinquième tas ont la même quantité mais dont la nature des déchets est différente et qui sont disposés à l'air libre.
- Suivi des paramètres : température, humidité et ph.

Protocole suivi et les tas formés :

Nous avons mis en place cinq tas différents, dans chaque tas nous avons mis en volume 50% de déchets et 50% de grignon selon le protocole suivant :

- **GT1:** 690 Kg de déchets organiques variés et 1050 Kg du grignon d'olives (50-50% en volume)
- **GT2:** 780Kg de déchets organiques (uniquement des carottes et du navet), et 1300 kg du grignon d'olives (50-50% en volume).
- **DO1 :** 104kg de déchets organiques et 172kg de grignon d'olives (50-50% en volume).
- **DO2 :** 103kg de déchets organiques et 163kg de grignon d'olives (50-50% en volume).
- **DO3 :** 84kg de déchets organiques et 176kg de grignon d'olives (50-50% en volume).

2.2. Suivi des paramètres du compost

Pendant toute la période expérimentale nous avons mesuré les paramètres suivants

2.2.1. Température

Pendant les premiers 15 jours, la température était prise chaque quatre (04) jours à l'aide d'un thermomètre à sonde, au-delà de cette période, nous prenons la température une fois par semaine.

2.2.2. pH

Pour le pH également nous avons suivi les mesures de la même façon que la température, mais à l'aide d'un pH-mètre à sonde.

2.2.3. Humidité

A chaque fois que les mesures des deux paramètres précédents sont prises (température et pH), l'humidité est mesurée à l'aide d'un hygromètre.

2.3. Test de germination

2.3.1 Définition

Selon Attrassi et al (2005), le test de phytotoxicité est basé sur le pouvoir germinatif des graines de deux cultures (blé tendre et tomate) en présence du compost. Ces tests consistent à semer un même nombre de graines dans des pots (pour notre étude les graines sont semées dans des alvéoles) contenant du sol seul, compost seul ou sol additionné de 25% et de 50% du compost à raison de 16 graines par catégorie. La maturité du compost est évaluée suivant le taux de germination par rapport au témoin.

2.3.2 Protocole expérimental

Les prélèvements des échantillons des composts utilisés pour le test de germination ont été effectués suivant un protocole :

- Pour le GT1 et GT2 : de petits prélèvements sont effectués à des points différents au niveau de chacun des deux tas, et l'ensemble de ces petits échantillons sont bien mélangé pour obtenir un échantillon représentatif du tas.
- Pour le compost obtenu à la base des déchets organiques et du grignon d'olives : trois (3) prélèvements sont faits sur les tas DO1, DO2 et DO3 ; l'ensemble de ces trois prélèvements sont mélangé pour donner un échantillon représentatif de ce type de compost.

Pour chacun des trois (03) composts, l'expérience s'est déroulée comme suit :

- Sol seul : 16 graines de blé.
- Compost seul : 16 graines de blé.
- Sol+compost (50-50%) : 16 graines de blé.
- Sol+compost (75-25%) : 16 graines de blé.

3. Essais du compostage**3.1. Réception des déchets**

Les déchets organiques que l'on a réceptionnés pour ce test arrivent dans un camion et un pick-up en provenance direct d'un marché de gros local, ils sont versés à même le sol. On veille néanmoins à les mettre le plus rapidement possible en compostage pour limiter tout risque de nuisance olfactive. Au moment de la mise en tas un contrôle visuel est fait pour enlever les petits bouts de matières non compostables qui s-y trouvaient (Figure 7).



Figure 7 : Réception des déchets

3.2. Homogénéisation

Une fois réceptionnés, les déchets verts sont homogénéisés puis on procède à la pesée des différents déchets (vert et grignon d'olives) avant de les homogénéiser tous ensemble et de les disposer sous forme de tas selon le protocole cité précédemment ; Ces derniers sont homogénéisés à l'aide de pelles et à la force des bras afin que le mélange ait une bonne circulation de l'oxygène, ayant pour but d'accélérer son développement. Cela permet aussi d'éviter le blocage de la fermentation (apport équilibré) et le tassement des déchets susceptible d'occasionner des nuisances (figure 8).



Figure 8 : Homogénéisation des déchets

3.3 Mise en tas

Cette technique consiste à regrouper les déchets directement sur le sol pour former un tas, ce qui permet une accessibilité et une visibilité, aussi une surveillance en toute facilité (Ademe, 2012). Cette méthode est très pratique lorsqu'il s'agit de grandes quantités de matériaux à composter (Michaud, 2007) (figure 9).



Figure 9 : Formations des tas (DO 1, 2,3) et des tas (GT 1,2)

4. Suivi des paramètres

Les paramètres de compostage que nous avons suivis sont : la température, le pH et l'humidité (figure 10).



Figure 10 : Suivi des paramètres

5. Test de germination

Avant de commencer le test de germination, nous avons procédé à des prélèvements d'échantillons des composts à utiliser (le protocole cité précédemment), ensuite nous avons procéder au tamisage de ces échantillons avant la mise en alvéole.

Les figures suivantes nous montrent la qualité du blé utilisé et les résultats visuels du test de germination, dont le but étant d'évaluer les risques d'inhibition de la croissance

radiculaire des végétaux supérieurs mis en contact avec différentes concentrations du produit testé (compost).



Figure 11 : Grains de blé



Figure 12 : Tests de phytotoxicité

Chapitre IV : Résultats & Discussion

1. Evolution du compostage

Durant toute la durée de l'essai nous avons pris soin de prendre des photos de l'évolution du volume des tas, et parmi ces photos nous avons les figures suivantes :



Figure 13 : volume des tas au premier jour après l'homogénéisation.



Figure 14 : volume de l'un des tas au 8^{ème} jour



Figure 15 : Volume des tas au 19^{ème} jour



Figure 16 : Compost arrivé à maturité

Nous constatons des figures précédentes (13, 14, 15 et 16) une réduction du volume des tas; cette perte de volume commence dès les premiers jours suivant la mise en tas. Elle est à attribuer au compactage sous le propre poids du compost et à la perte de structure de la matière. La transformation de la matière carbonée sous forme de CO₂ volatil par les micro-organismes et l'évaporation de l'eau constituent les autres causes de perte de volume.

2. Evolution des paramètres des compostes

2.1. Température

Les résultats de l'évolution des températures des différents types de tas durant la période de l'expérience sont présentés dans la figure suivante :

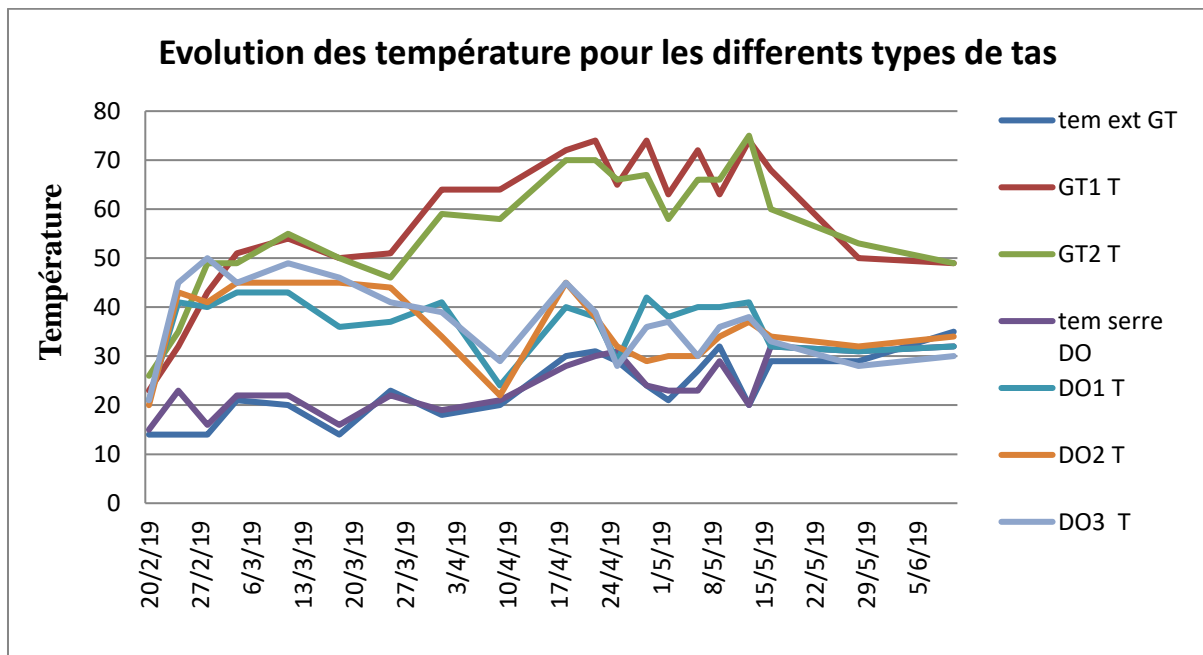


Figure 17: Evolution des températures des différents tas durant le processus de compostage.

De la figure 17, nous remarquons une augmentation de la température durant les premiers jours représentant la phase mésophile, suivie par des pics spécifiques à chaque tas représentant la phase thermophile. Ensuite nous constatons une diminution de la température représentant la phase de refroidissement, pour se stabiliser à la fin à une température ambiante selon les tas, représentant la phase de maturité.

Si l'on regarde la figure 17 plus en détail, elle nous montre que les courbes suivent à peu près la même allure pour les trois types de tas DO1, DO2, DO3 ; elles montrent également que les pics de température les plus élevés atteints durant tout le processus, ont été enregistrés durant les premières semaines et sont respectivement de 43°C, 45°C et 50°C.

Bien que la figure montre que les courbes suivent la même allure, néanmoins on remarque des écarts plus ou moins marqués entre ces trois tas surtout pour le tas DO3 contenant moins de

DMA et plus de grignon d'olives, en terme de poids bien que le volume soit le même, à savoir 50-50%.

Elle montre aussi que les températures moyennes de ces trois tas varient entre 34°C et 35°C durant toute la période de l'étude pour atteindre des pics respectifs de 41°C 37°C et 38°C avant de se stabiliser entièrement entre 30 et 34°C.

La figure 17 nous montre que les températures moyennes varient entre 53°C et 57°C pour les deux tas GT1 et GT2.

Elle nous montre également qu'à première vue, les deux courbes suivent à peu près la même allure malgré un léger écart entre elles ; mais quand nous l'observons de plus près nous remarquons que mis à part la première et deuxième semaine, la courbe qui apparait en grenat (correspondant à GT1) est différente de l'autre par le fait qu'elle présente plus de pics de température.

Cependant, les pics les plus importants ont été enregistrés durant le troisième mois du processus de compostage avec des pics atteignant les 75°C (GT1), et 74°C (GO2), nous constatons ainsi un écart de 1°C entre GT1 et GT2. Après cela, la température a commencée à baisser pour les deux tas GT1 et GT2.

Pour finir, malgré les différents pics de température enregistrés sur les deux courbes de GT1, GT2, celle-ci montre également que les deux dernières semaines les températures se sont stabilisées à 49°C.

Ainsi nous constatons de la figure 17 que les courbes suivent la même allure durant la première semaine du processus, pour se stabiliser entre la deuxième et troisième semaine, puis les écarts ce sont de plus en plus marqués entre les grands et les petit tas, vers la fin de la troisième semaine et le début de la quatrième pour se retrouver a l'opposer les unes des autres.

Pour GT1 et GT2, la température n'a fait qu'augmenter pour atteindre respectivement 74°C et 75°C et se stabiliser vers la fin à 49°C, en parallèle la température des tas DO1, DO2, DO3 n'a fait que diminuer progressivement pour se stabiliser à la fin du processus entre 30 et 34°C.

La figure 17 montre que les températures prises au centre des tas sont plus élevées que la température ambiante; comme le montre les pics de température enregistrés, ce qui s'explique par une plus grande activité au centre de ces derniers.

Pour les températures du compost, leurs courbes ne suivent pas la même allure que la température ambiante notamment durant les trois premiers mois du processus.

2.2. Evolution de l'humidité

Vérification de l'humidité par un hygromètre et le test de la poignée (à chaque passage) : La partie superficielle du tas étant souvent déshydraté par rapport au centre, la prise de l'échantillon pour le test de la poignée est effectuée après brassage et homogénéisation du tas. L'arrosage est effectué quand cela s'avère nécessaire après vérification du taux d'humidité. Il est effectué presque chaque semaine afin que l'humidité reste entre 50 et 60 %. Une bonne humidité assure un bon développement des micro-organismes.

2.3. PH

La figure 18 représente les résultats de notre travail quand aux suivis de l'évolution du pH.

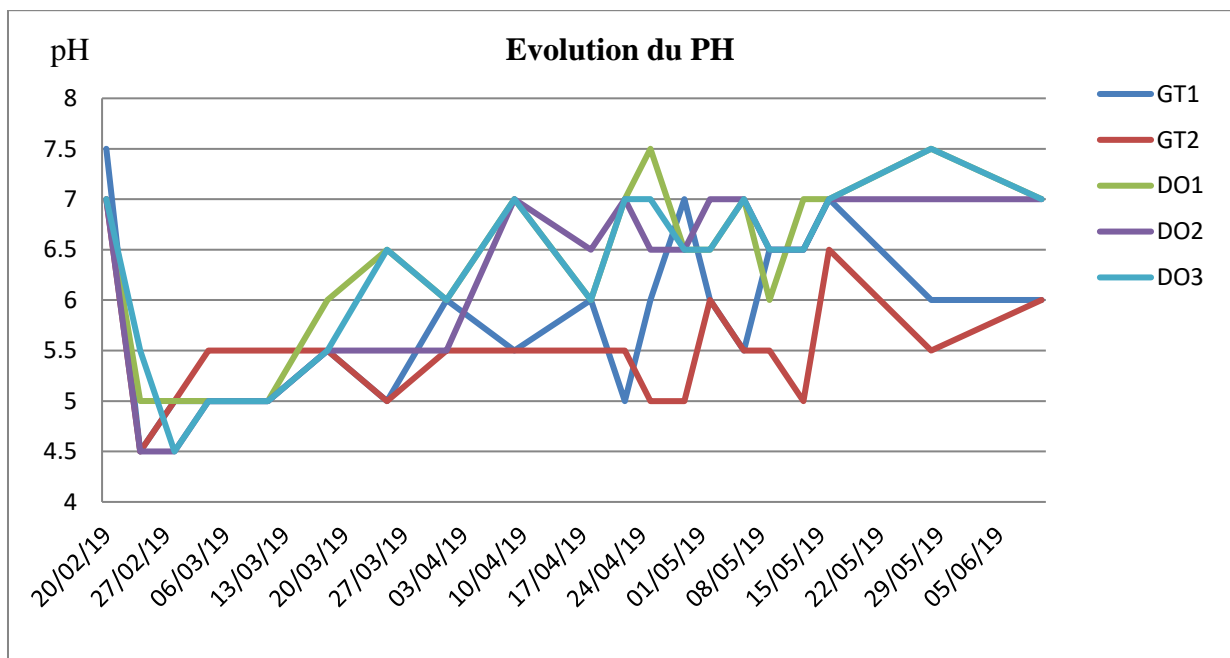


Figure 18 : Evolution du pH dans les différents tas

De la figure 18, nous remarquons une diminution nette du pH dès les premiers jours représentant la phase acidogène, suivie d'une augmentation représentant la phase d'alcalinisation, pour à la fin se stabiliser à un pH de neutralité ou avoisinant la neutralité.

Nous remarquons au tout début de l'expérience qui coïncide avec la mise en place des tas que le pH est quasi neutre (7 et 7,5), car les matières mises à composter présentent un pH compris entre 5 et 7, c'est-à-dire dans des limites acceptables.

Le pH s'abaisse pendant les premiers jours pour atteindre un pH de 4,5 et remonte ensuite progressivement pour devenir neutre.

Nous remarquons néanmoins que contrairement aux autres tas dont les courbes suivent une allure plus ou moins identique, le tas GT2 a quand à lui eu un pH stable de la période allant de la 3^{ème} semaine jusqu'à la 10^{ème} avant de vaciller à son tour entre un pH de 5,5 à 6,5.

On s'aperçoit qu'à la fin du processus que les deux différents tas (GT1, GT2) & (DO1, 2 ,3) se regroupent respectivement à un pH de 6 et 7.

Dans des conditions optimales, un compost acide est un compost trop jeune qui n'est pas encore arrivé à maturité ! Le processus évoluant normalement, le pH va redevenir neutre et se stabilisera à maturité avec un pH avoisinant les 6,5-7,5.

3. Résultats des tests de phytotoxicité

La stabilité de la matière organique apparaît comme un critère de qualité indispensable pour assurer l'innocuité d'un compost et sa valorisation ultérieure. Les méthodes de mesure de la phytotoxicité permettent ainsi d'étudier l'effet du compost sur le développement de la plante et le plus courant étant le test de germination.

3.1. Test de germination

Les résultats du test de germination sont représentés dans le tableau suivant:

Tableau 3 : Nombre de graines germées dans les différents substrats de chaque tas.

	Blé GT1	Blé GT2	Blé DO
sol	15	14	15
compost	0	0	0
50-50%	13	10	16
25-75%	12	14	14

Le tableau 3 nous montre que sur les seize (16) graines de blé semées dans chaque type de substrats, 15 ont germés au niveau du substrat témoin (sol) pour le GT1 et DO et 14 pour GT2 ; nous allons donc supposer que cela est peut être lié à la viabilité des graines.

Pour les autres substrats, les résultats sont de 0 graines germées pour le compost seul pour les trois types de tas GT1, GT2 et DO. et 13 graines germées pour le substrat à 50-50% de sol et de compost pour de GT1 contre 16 pour DO, soit une graine germée de plus que le témoin, et 10 graines germées pour GT2.

Quand au substrat 25- 75% de compost et de sol, on constate 12 graines germées pour GT1 contre 14 pour GT2 et DO.

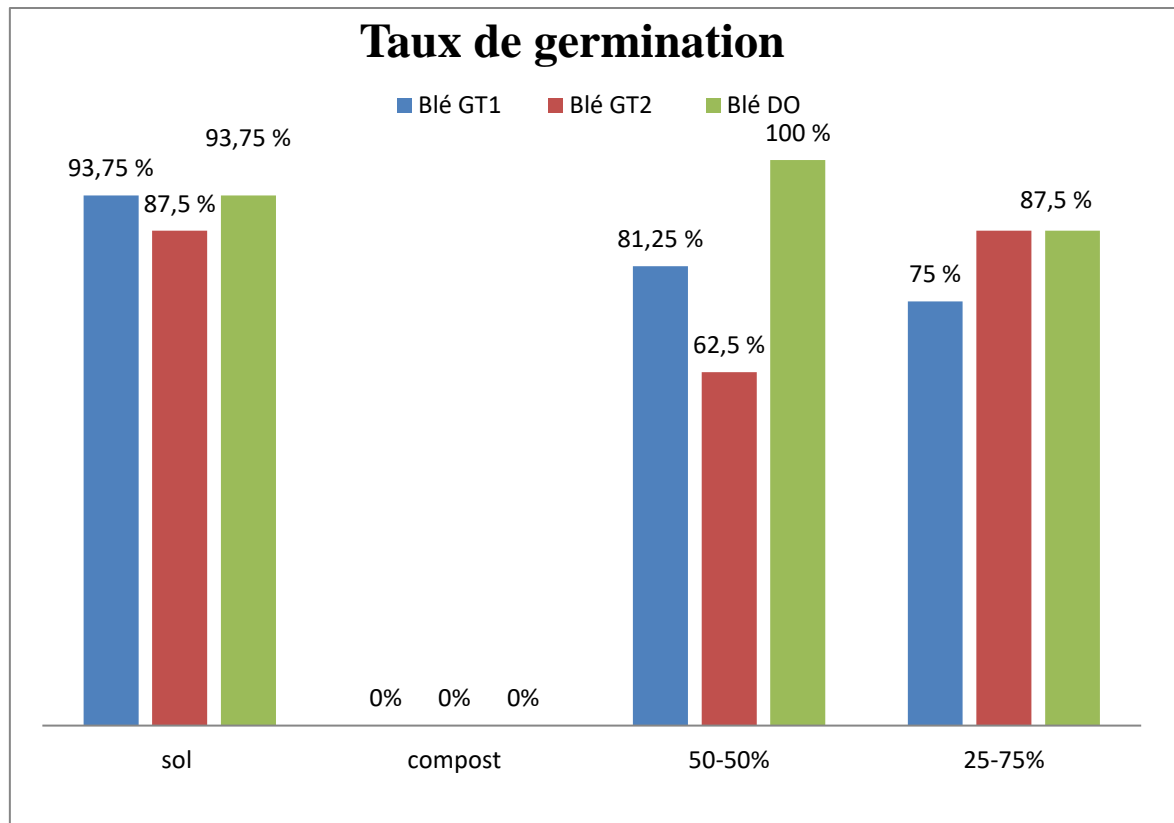


Figure 19 : Taux de germination pour les différents types de substrats dans les différents tas.

De la figure 19 nous observons que les taux de germination sont plus élevés pour le Blé semé dans les deux types de substrats du tas DO, à savoir qu'ils atteignent un taux de 100% dans le substrat ayant 50-50% de sol et de compost et 87,5% dans le substrat ayant 25% de compost et 75% de sol, Quand au compost seul nous remarquons que les tests ne sont pas concluants pour tous les type de tas car nous n'avons enregistré aucune germination.

Parallèlement, nous constatons que pour le substrat de 50-50% le taux de germination dans GT1 est plus élevé que GT2 ; réciproquement 81,25% et 62,5% contrairement au substrat ayant 25-75% où le taux de germination de GT2 est égale à celui de DO, à savoir de 87,5% et est supérieur à GT1 qui se trouve être à 75,5%.

4. Discussion

Pour l'essai de valorisation des déchets organiques par compostage, l'évolution des trois paramètres suivis (température, pH et humidité) coïncide avec le déroulement du processus du compostage. L'activité microbienne implique forcément une diminution de la taille et du poids du tas (Michaud, 2007). La perte du poids et la diminution de la taille sont dues à l'envahissement des matières premières par les micro-organismes (Mustin *et al.*, 2005) durant la phase initiale du compostage. Ces micro-organismes absorbent les molécules simples (sucres simples, acides aminés, alcools,...etc.) et transforment une partie des polymères (protéines, acides nucléique, amidons, pectines, hémicellulose, cellulose,...etc.).

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

Selon Slimani & Chemim (2018) et Chelleh & Dehissi (2018) qui ont utilisés différents apports carbonés (sciure de bois, feuilles mortes, papier cartons et grignon d'olives) ; ils ont enregistré des pertes de poids dans les différents tas testés sauf que la perte du poids est plus rapide dans les tas mélangés avec de la sciure du bois et les feuilles mortes par rapport au tas mélangé avec du papier, cela est dû aux caractéristiques de chaque type d'apport carboné et qui influence sur l'activité microbienne.

Comme nous l'avons constaté dans la figure précédente, (fig.17), où cet dernière nous montre que les courbes de températures des deux différents types de tas (GT et DO), ont le même comportement, ainsi on constate que pour les grands tas leurs températures s'est élevée progressivement pour atteindre les 70°C à la 9^{ème} semaine, et y est rester élevée pour atteindre ensuite des pics de 74 et 75 °C, ces hautes températures entrainant l'hygiénisation du compost, c'est-à-dire la destruction des bactéries et organismes pathogène comme les Salmonelle, Listéria, et certain parasites, mais aussi, empêche et élimine la germination des mauvaises herbes.

Après avoir atteint des températures maximales, celles-ci diminuent avant de se stabiliser à 49°C. Les champignons et bactéries filamenteuses vivant à des températures de 40-50°C peuvent maintenant s'installer et continuer la dégradation des matières plus complexes. La transformation de la matière va conduire progressivement à la phase de maturation.

Contrairement aux tas DO1, DO2 et DO3, les températures se sont élevées dès la première semaine, pour atteindre des pics de 43, 45 et 50°C, et vaciller aux alentours de 40°C, avant de fléchir progressivement suite à une baisse d'humidité, qu'on a contré par un arrosage, ce qui a conduit à une augmentation des températures dans les jours qui ont suivi, pour atteindre les 40 et 45°C, et progressivement se stabiliser aux environs des 30°C ce qui correspondait à la température ambiante concluant ainsi la fin du compostage et la maturité du compost en général.

De là, on constate que la quantité de déchets utilisée joue un rôle dans les pics de températures, car tant que le tas est volumineux le temps prit pour atteindre ces températures qui sont plus élevées est plus long ; contrairement à lorsque le tas est moins volumineux où les températures atteintes sont moins importantes et prennent ainsi un laps de temps beaucoup plus réduit.

Néanmoins, la durée du compostage est la même pour les deux, mais les quantités de compost produites est différente, car dans le grand tas la matière continue toujours à se dégrader bien qu'il y ait une partie complètement décomposer.

Les résultats obtenus par le suivi de la température coïncident avec la courbe de l'évolution de la température au cours des différentes phases de la première partie du processus de compostage (phase de dégradation) (Michaud, 2007).

Nos résultats coïncident avec les travaux d'Attrassi et *al.* (2005) qui notent que la température du compost augmente rapidement pendant les premières semaines du compostage et ceux de Mustin et *al.* (2005) qui montrent que la température idéale pour la phase initiale de compostage est de 20°C à 45°C ce qui a été le cas de notre expérience.

Comme nous pouvons aussi le constater et suite aux résultats obtenu par Mrs Slimani & Chemim (2018), l'évolution des températures durant le processus de compostage, si les déchets utilisés sont les mêmes pour ainsi dire les déchets organiques (fraction azoté) quelque soit, le déchet carbonique qu'on y apporte (paille, feuille morte, grignons d'olive) l'évolution de la température ne diffère que selon le volume du tas.

La courte durée de la phase mésophile, peut s'expliquer par le fait que les tas renferment un composé très riche en carbone et peut donc présenter une bonne porosité et d'aération nécessaire pour le bon développement des microorganismes.

Pour tout les tas et durant toute la période du compostage, il y a eu plusieurs pics de température qui coïncident avec chaque retournement. En effet, il y a plusieurs phases thermophiles au cours du processus du compostage; cependant les températures atteintes sont de plus en plus faibles (Itab, 2001).

On peut considérer que la phase de maturation ne débute pas en même temps pour ces deux études, ce qui peut s'expliquer par la différence considérable de volume (kg) qu'il y a entre ces deux études.

A la fin, les températures des tas se confondent avec la température ambiante ce qui montre qu'il n'y a plus d'activité microbienne, le compost est donc mûr et prêt à l'emploi.

Contrairement et en comparaison aux résultats de Slimani & Chemim (2018) et GT1, 2 ces derniers ont prient plus de temps pour atteindre leurs pics de températures qui se trouvent être beaucoup plus élevées, et cela étant due au volume. Cette hausse proportionnelle de la température pourrait s'expliquer par la richesse du tas en carbone (grignon d'olive). Aussi comme rapporté par Godden (1986), la production de chaleur par les micro-organismes est proportionnelle à la masse du tas, or les tas GT1et 2 sont plus volumineux.

Cette valeur étant supérieure à 70°C il y a destruction des organismes vivants et donc hygiénisation.

Comme nous pouvons le noter dans la figure 18, l'évolution du pH varie d'un tas à un autre, mais au tout début ils ont eu le même comportement, c'est-à-dire de baisser d'un pH neutre à un pH acide, passant de 7 à 4,5, correspondant à la Phase mésophile ; ce qui est expliqué par une acidification due à la production d'acides organiques par l'activité microbiennes qui dégradent les sucres simples, et à la production de CO₂, et cette phase peut être plus ou moins longue selon les paramètres de base du compost (composition, humidité et conditions atmosphériques).

Nous remarquons après cela une légère hausse du pH correspondant à la phase d'alcalinisation, atteignant les 5,5 et 7,5 correspondant à la dégradation des polymères par les micro-organismes, en parallèle on remarque une augmentation des températures correspondant à la phase thermophile.

Nous constatons vers la fin que le pH remonte progressivement dans les deux différents types de tas GT et DO respectivement à un pH de 6 et 7, correspondant pour ces derniers à la phase de maturité où le composte devient neutre, tandis que les premiers du point de vue de leurs volumes, sont toujours en phase de refroidissement.

De là on conclut qu'il est préférable de faire un compostage sous forme de grands tas riches en matière organique, en s'assurant de bien effectuer le retournement et prendre en considération le rapport C/N ; car même si ces derniers prennent plus de temps que les matières qui restent en bordure tardent à composer car elles n'augmentent en température qu'après le retournement lorsqu'elles sont introduites à l'intérieur (Itab, 2001), ils atteignent des températures maximales permettant une très bonne hygiénisation, et produisent en parallèle plus de compost sur une plus longue durée.

Quand au test de germination, comme nous pouvons le noter dans la figure 19, le taux de germination varie d'un tas à un autre, et d'un substrat à un autre, mais nous constatons que les meilleurs taux de germination ont été enregistrés dans le tas des Déchets Organique atteignant les 100% dans le substrat ayant 50-50% de sol et de compost et 87,5% dans le substrat ayant 25% de compost et 75% de sol. Ce résultat est expliqué par la maturité du compost ; car pendant les dernières phases de compostage, le rapport C/N diminue, les réactions deviennent plus lentes, de l'ammoniac est perdu par volatilisation et l'azote est utilisé par les microorganismes pour réaliser la biosynthèse des matières humiques (Mina & El Kbir, 2008).

La phytotoxicité diminue puis disparaît complètement à la fin de la phase de maturation. Ainsi, l'indice de germination pour le blé atteint des taux élevés 100% et 87,5% ; Ceci indique que le compost produit est stable et mature.

Parallèlement les taux de germination enregistrés dans GT1 et GT2 sont plus ou moins élevés, mais ne coïncident pas avec ceux de DO si ce n'est pour GT2 dans le substrat ayant 25% de compost et 75% de sol. Cela peut s'expliquer par le fait que lorsque la phase thermophile s'achève, le compost brut obtenu est stabilisé. Il entre dans une phase où les réactions de production de l'humus (humification) sont prédominantes.

Le compost brut stabilisé au stade de la pré-humification est plus phytotoxique. Il est utilisé directement pour la germination des graines de blé et il les inhibe en libérant dans le milieu

de germination de l'ammoniac et des composés organiques transitoires en quantités plus ou moins supérieures au seuil de toxicité des graines de Blé.

La phase thermophile correspond au stade de dégradation intense de la majorité de la matière organique, aboutissant ainsi à la production de substances toxiques telles que l'ammoniac, l'acide acétique, l'acide propionique (Kirchmann et Widen, 1994). Ainsi La présence de ces acides dans le compost inhibe la germination des graines de Blé (Ozores-Hampton et al., 1999). La concentration plus ou moins élevée de l'Ammoniac dans les composts contribue indubitablement à la phytotoxicité (Grebus et al., 1994).

De las on conclu, que la stabilité du compost ne prend pas en compte automatiquement son action sur les plantes. Les tests de phytotoxicité sont les seuls moyens d'évaluer la toxicité liée à leur incorporation au sol. En effet, les composts mûrs ne doivent pas présenter de substance empêchant la germination des graines et la croissance des plantes. L'acide acétique est probablement l'acide organique, libéré par les composts immatures, le plus préjudiciable bien qu'il existe également d'autres composés (acétaldéhyde, éthanol, acétone, éthylène, etc.) contribuant aux effets phytotoxiques (Jimenez & Garcia, 1989). Des concentrations élevées en sels et la libération d'acides organiques dans les composts sont également corrélées à l'inhibition de la germination et de la croissance.

Par conséquent, la phytotoxicité est souvent évaluée par l'étude de la germination ou par des tests de croissance (Said-Pullicino et al., 2007), mais d'autres auteurs (Emino & Warman 2004) conseillent de choisir les plantes avec soin. Et un indice de germination (GI) de 50 % est reconnu comme étant celui d'un compost sans effets phytotoxiques (Chikae et al., 2007).

Conclusion

Cette étude met en exergue le comportement de différentes matières organiques issues des DMA et des sous-produits oléicoles lors du processus du compostage, et a pour objectif de valoriser les déchets organiques (fraction fermentescible des déchets ménagers et assimilés et le grignon d'olives).

Ainsi, il s'est avéré que les deux tas à savoir GT1 et GT2 qui comportent essentiellement plus de grignon d'olive que de déchets organiques sont ceux qui sont montés le plus en température favorisant ainsi l'hygiénisation du mélange. Pour les autres tas, le minimum a été atteint à savoir une température aux alentours de 45-50°C pendant quelques jours.

Néanmoins, il est préférable de réaliser des grands tas et de respecter le rapport C/N, idéalement ce rapport doit se situer entre 25 et 35 dans le tas de compost ; c'est à dire qu'il faut 25 à 35 fois plus de carbone que d'azote, un rapport de moyenne = 30. Lorsque C/N = 30 l'activité des micro-organismes (bactéries, champignons microscopiques etc.) est optimale, la dégradation des matières organiques sera plus rapide et plus efficace, le compost obtenu sera bien équilibré.

Pour le pH, il était basique au départ puis s'est abaissé progressivement suite à la production d'acides pour s'approcher finalement de la neutralité. Un pH proche de la neutralité, permet aux nutriments du compost d'être facilement absorbés par les plantes, car un pH acide ou basique pourrait inhiber l'absorption de certains minéraux.

Il est aussi à noter, que les tas GT1 et GT2 ont été les tas les plus volumineux par rapport aux autres, ce volume important a eu pour effet un mélange et une humidité des composés non homogènes. Cet inconvénient pourrait être corrigé en mélangeant les tas avant leurs mises au compostage comme cela a été fait puis régulièrement pendant le processus de compostage, afin d'obtenir plus d'homogénéité pour ainsi mieux accueillir l'action des microbes et bactéries lors du processus de ce dernier.

A partir des résultats obtenus dans le test de germination on conclut que notre compost est mure à savoir DO va pouvoir être utilisé comme « engrais », car il va favoriser une bonne composition physicochimique du sol, et peut ainsi régénérer des sols appauvris ; de plus, il va diminuer l'utilisation d'autres produits (chimiques).

Suite à cette étude, il s'est avéré que les sous produits oléicoles qui sont très répandus dans notre région et dont l'utilisation à l'état frais est quasi impossible et présentent de

nombreux inconvénients vis-à-vis de l'environnement, peuvent se composer facilement avec d'autres déchets organiques et peuvent donc être valorisés.

Ainsi, le compostage des sous produits oléicoles avec les déchets organiques peut diminuer considérablement leur effet sur l'environnement pour le rendre quasiment nul et les faire passer du niveau de contaminant de l'environnement au niveau d'amendement de ce dernier, et cela par un moyen biologique.

Et à long terme on pourrait avoir un gain dans les couts d'enfouissement des déchets organiques, ce qui aboutira à des CET avec une plus grande capacité de stockage et un volume de l'exiviat quasi-nul ; et on parallèle l'industrie oléicole se verra offrir de nouveaux horizons dans la gestion de leurs déchets qui a causé et cause des dégâts à ce jour.

La technique de compostage des sous produits oléicoles avec des déchets organiques reste à perfectionner; en effet des études doivent être menées pour définir les concentrations idéales à utiliser pour le traitement de ces déchets afin de réduire la période de compostage et d'affiner les composants de ce dernier.

Références Bibliographiques

- 1 - GREBUS M.E., WATSON M.E. & HOITINK H.A.J. (1994).** Propriétés biologiques, chimiques et physiques du compost les résidus de jardinage comme indicateurs de maturité et de maladies des plantes suppression. Science et utilisation du compost, vol: 2, 370 p.
- 2 - HUMEAU PH. & LE CLOIREC P., (2006).** Emissions gazeuses et traitement de l'air en compostage. Edition Techniques Ingénieur : 377 p.
- 3 - KIRCHMANN H. & WIDEN P. (1994).** Formation d'acide gras pendant le compostage des ménages biologiques collectés séparément déchets Science du compost et utilisation vol: 2, 290 p.
- 4 - SLIMANI R. & CHEMIM F., (2018).** Gestion des déchets dans la résidence universitaire Ex-Habitat et essai de valorisation des bio-déchets par compostage. Mém. Master, Univ. Tizi-Ouzou. 93 p.
- 5 - CHELAH S. & DEHISSI S., (2018).** Essais de compostage et formation théorique et pratique de personnes en situation de handicap mental à la technique. Mém. Master, Uni. Ti-Ouzou, 151 p.
- 6 - WARMAN P. & TERMEER W.C., (2005).** "Evaluation de l'application de compost de boues d'épuration, de boues d'épuration, de fosses septiques et de boues d'épuration au maïs et au fourrage: rendements et teneur en N, P et K des cultures et des sols." Bioresource Technologique. 482 p.
- 7 - ZNAIDI I.E.A., (2002).** Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes. Mém. master en biologie de l'U.M.M.T.O. 104p.
- 8 - CELLERIER J., (2008).** Caractérisation moléculaire et dynamique de la matière organique de Compost (Déchets verts/Bio déchets) dans un sol. Thèse de doctorat de l'université de Poitiers. 37 p.
- 9 - CHIKAE M., KERMAN K ., N. NAGATANI, TAKAMURA Y & TAMIYA E., (2007).** Un système de capteur électrochimique sur site pour la détection de la maturité du compost. Nalytica Chimica Acta, 581 p.
- 10 - DAMIEN A., (2004).** "Guide du traitement des déchets, 3ème édition." Paris, France.431 p.
- 11 - DAMIEN A., (2013).** Guide du traitement des déchets : réglementation et choix des procédés. 6ème édition, 464p.
- 12- FEDELI E. & CAMURATI F., (1981).** In : Séminaire International sur la Valorisation des Sous Produits de l'olivier. PNUD FAO. Monastir, Tunisie, 113 p.
- 13 - GILLET R., (1985).** Traité de gestion des déchets solides et son application aux pays en voie de Développement, 1er Volume : Programme minimum de gestion des ordures ménagères et des Déchets assimilés, 397 p.

Références Bibliographiques

14 - GODDEN B., (1986). Etude du processus de compostage du fumier de bovin. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, Université Libre de Bruxelles. Laboratoire de microbiologie, 136 p.

15 - HACALA S., (1998). Le compostage du fumier en exploitation d'élevage. Recueil des Interventions. Paris. ACTA/ADEME/Ministère de l'Agriculture et de la Pêche : 43 p.

16 - JIMENEZ E. & GARCIA V., (1989). Evaluation de la maturité des déchets urbains de compost: un bilan. Déchets biologiques 27 : 115-142.

18 - KOPPEN-GREIGER (1951). Carte des climats. Climatic Research Unit de l'université of East Anglia. Royaume-Uni.

19 - LECLERC B., (2001). Guide des matières organiques tome 1, deuxième édition, collection : guide technique. Editeur : Institut technique de l'agriculture biologique (ITAB), 238p.

20 - MAYSTRE L.Y., PICTET J. & SIMOS J., (1994). Méthodes multi - critères Electre. Description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale. Lausanne, Suisse : Presses polytechniques et universitaires romandes, 323 p.

21 - MICHAUD L., (2007). Tout sur le compost : le connaître, le faire et l'utiliser. Quebec : Litho Chic, 212 p.

22 - MINA A. & EL KBIR L., (2008). Evaluation de la stabilité et la maturité des composts obtenus par biodégradation aérobie d'un mélange de déchets ménagers et de déchets de poulets. Laboratoire de l'eau et de l'environnement, Faculté des Sciences - El Jadida (Maroc), 7 p.

23 - MUSTIN M., (1987). Le compost. Gestion de la matière organique. Paris, Edition François Dupuis. 954 p.

24 - NEFZAOUI A., (1984). Importance de la production oléicole et des sous-produits de l'olivier. In: Etude de l'utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale en Tunisie. Étude FAO production et santé animales, 43p.

25 - OZORES-HAMPTON M. P., VAVRINA C. S. ET OBREZA T.A. (1999). Compost de biosolides de jardinage: solution de remplacement possible tourbe de sphaigne dans la production de greffes de tomates. Science du compost et utilisation, 7p.

26 - RAGDALE J.V., STASIS P., RUDD M.J. & BRADSHA W.(1992). Mulch production from yardtrash. Biocycle. Cité par ITAB (2001). Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001, 34p.

27 - SAID-PULLICINO, D., KAISER, K., GUGGENBERGER, G. & GIGLIOTTI, G. (2007). Modifications de la composition chimique des matières organiques extractibles à l'eau lors du compostage: HUANG, G.F., WU, Q.T., WONG, J.WC & NAGAR, B.B. (2006). Transformation de matières organiques lors du co-compostage. Bioresource Technology 97 : 1834-1842.

Références Bibliographiques

Autres références :

1. Journal officiel de la république Algérienne n°22. 2002. Décret exécutif N° 02-175 du 20 mai 2002, portant création de l'agence nationale du déchet, 10 p.
2. Journal officiel de la république Algérienne n°43. 2003. Loi n° 03 – 10 du 19 juillet 2003, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, 19 p.
3. Journal officiel de la république Algérienne n°46. 2004. Décret exécutif n° 04-199 du 19/07/2004, Fixant les modalités de création ; d'organisation, de fonctionnement et de financement du système public de traitement et de valorisation des déchets, 10 p.
4. Journal officiel de la république Algérienne n°74. 2002. Décret exécutif n°02-372 du 11 novembre 2002, relatif aux déchets d'emballage, 11 p.
5. 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
6. Journal officiel de la république Algérienne n°77. 2001. Loi n° 01 -19 du 12/12/ 2001, relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, 15 p.
7. ADEME, (2012). " Le compostage des déchets organiques des ménages en Allemagne - Etat de l'art et retours d'expérience." Paris, France : 188 p.
8. Climate classification revisited: from Köppen to Trewartha », Climate Research, vol. 59, 4 février 2014.
9. Ecotechnologie 2009, Etude de faisabilité sur le compostage des grignons d'olives.
10. ITAB, (2001). « Guide des matières organiques ». Tome 1. Deuxième édition 2001, 238 p. <http://www.itab.asso.fr/activites/agro-mo.php>
11. Rapports d'activité de l'AFIDOL, (2007) : Association Française Interprofessionnelle de l'Olive.
12. www.adem.fr/entreprise/déchets/dechets/dechets.asp?ID=3.
13. www.cniid.org.
14. www.google.fr/maps. Ait yahia moussa
15. www.and.dz

Résumé

Cette étude porte sur la valorisation des déchets biodégradables (déchets ménagers et assimilés et grignons d'olives) par compostage. Elle consiste à utiliser les déchets ménagers et assimilés en mélange avec les grignons d'olives sous forme de tas. Nous avons réalisé des petits et des grands tas.

Lors des essais de compostage, nous avons constaté une réduction du volume des tas ; cette perte de volume commence dès les premiers jours suivant la mise en tas. Nous avons aussi constaté, une augmentation de la température des tas indiquant ainsi que le milieu est envahi par les micro-organismes (phase mésophile), et en parallèle l'on a constaté une diminution du pH (phase acidogène). S'ensuit une élévation de la température qui atteint des pics spécifiques pour chaque tas permettant ainsi l'hygiénisation de ces derniers (la phase thermophile); tant dit que pour le pH on remarque une seconde phase correspondant à une alcalinisation due à l'hydrolyse bactérienne de l'azote avec production d'ammoniac (NH_3) associée à la dégradation de protéines et à la décomposition d'acides organiques.

Après ces hausses de température on constate une diminution de ces dernières qui correspond à la phase de refroidissement, suivi par la phase de maturation où la matière organique est stabilisée et humidifiée par apport à son état initial lors de la mise au compostage.

On conclut qu'il est préférable de faire un compostage sous forme de grands tas, riche en matière organique en prenant soin de bien respecter les paramètres du compostage, car même si ce dernier prend plus de temps, il atteint des températures maximales permettant une très bonne hygiénisation, et produit en parallèle plus de compost sur une plus longue durée.

Mots clefs : Déchets ménagers et assimilés, Compostage, Valorisation, Grignons d'olives.

Summary

This study focuses on the recovery of biodegradable waste (household and similar waste and olive cake) by composting. It consists of using household and similar waste mixed with olive pomace in the form of piles. We made small and big piles.

During the composting trials, we noticed a reduction in pile volume; this loss of volume begins in the first days after the pile-up. We have also observed an increase in the temperature of the heaps thus indicating that the medium is invaded by the micro-organisms (mesophilic phase), and in parallel there has been a decrease of the pH (acidogenic phase). This results in a rise in temperature which reaches specific peaks for each pile thus allowing the hygiene of the latter (the thermophilic phase); so much so that for the pH one notices a second phase corresponding to an alkalization due to the bacterial hydrolysis of the nitrogen with production of ammonia (NH_3) associated with the degradation of proteins and the decomposition of organic acids.

After these temperature increases there is a decrease in the latter which corresponds to the cooling phase, followed by the ripening phase where the organic material is stabilized and humidified by providing its initial state during composting.

On conclut qu'il est préférable de faire un compostage sous forme de grands tas, riche en matière organique en prenant soin de bien respecter les paramètres du compostage, car même si ce dernier prend plus de temps, il atteint des températures maximales permettant une très bonne hygiénisation, et produit en parallèle plus de compost sur une plus longue durée.

Keywords: Household and similar waste, Composting, Recovery, Microorganisms, olive pomace.