

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOULoud MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En Vue de l'Obtention du Diplôme du Master en Biologie

Option : Oléiculture et Oléotechnie

Thème

Evaluation de la maturité du compost des grignons d'olives

Travail réalisé par :

M^r BOURBIA Ferhat

Proposé et dirigé par :

Mme BOURBIA .S

Devant le jury :

Président : M^r MERROUKI K.

M.C.B. à l'UMMTO

Promotrice : M^{me} BOURBIA S.

M.C.B. à l'UMMTO

Examineur : M^r BOUDJEMA S.

M.A.A. à l'UMMTO

Examineur : M^{me} OMOURI O.

M.A.B. à l'UMMTO

Année Universitaire : 2015/2016.

REMERCEMENTS

Je tiens vivement à exprimer ma profonde reconnaissance et gratitude à ma promotrice **Mme BOURBIA S.** maitre de conférences B à l'U.M.M.T.O, qui a bien voulu par leur aimable bienveillance, diriger cette étude, et qui a fait preuve d'une grande patience. Ses conseils, ses orientations et ses intérêts portés pour mon sujet de recherche m'a permis de mener à terme ce projet.

Mes remerciements les plus chaleureux à **M^r MERROUKI K** maitre de conférences B à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour l'honneur qu'il m'a fait de présider le jury et de juger ce travail.

Mes remerciements à **M^r BOUDJEMA S.** maitre assistante A à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour m'avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Mes remerciements à **M^{me} OMOURI O.** maitre assistante B à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour m'avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Nous adressons un grand remerciement à **M^{me} TIBICHE G.** et **M^{elle} ISSAOUNE DJ.** pour leurs conseils et encouragements.

Dédicace

A tous ceux qui m'ont aidés

ferhat.

LISTE DES FIGURES

<i>Figure N°1</i> : processus d'extraction de l'huile d'olive	4
<i>Figure N°2</i> : épandage des margines sur oliveraies.....	11
<i>Figure N°3</i> : andains dans exploitation agricole.	16
<i>FigureN°4</i> : Schéma d'un andain statique aéré	17
<i>Figure N°5</i> : schéma d'un système de compostage en lits rectangulaires remués	18
<i>Figure N°6</i> : les 4 phases de compostage	20
<i>Figure N°7</i> : communauté microbienne durant le processus de compostage.....	21
<i>FigureN°8</i> : la mise en place des grignons	25
<i>Figure N°9</i> : Schéma de la plateforme de compostage	25
<i>Figure N°10</i> : Broyeur du bois de taille	26
<i>FigureN°11</i> : Epandage de l'urée	26
<i>FigureN°12</i> : Retournement du compost	27
<i>Figure N°13</i> : les différentes photos correspondantes au début de notre expérimentation.	42
<i>Figure N°14</i> : apparition des premières graines	43
<i>Figure N°15</i> : photo de test phytotoxique prise à la fin du test (7 jour après le semis)	43
<i>Figure N°16</i> : photos correspondantes aux plantes d'orge arraché de leurs substrats à la fin de test, puis rinçais afin de réaliser des mesures au laboratoire.....	44
<i>Figure N°17</i> : évolution de pH au cour du processus de compostage.....	45
<i>Figure N°18</i> : Evolution de taux de carbone dans les différents stades pour chaque andain	46
<i>Figure N°19</i> : Evolution de la densité apparent aux stades 4 et 5.	47
<i>Figure N°20</i> : Conductivité électrique des différents andains après 240 jours de compostage. .	48
<i>FigureN° 21</i> : résultat de test de germination correspondant à l'andain 7	50
<i>Figure N°22</i> : indice de germination pour les andains 2 et 7.	50
<i>FigureN°23</i> : indice de germination pour les andains 1, 5, 6 et 8.	51

LISTE DES FIGURES

Figure N°24 : résultat de test de germination correspondant à l'andain 8 52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Composition chimique moyenne des différents sous-produits	6
Tableau N° 2 : Caractéristiques physico-chimique des margines et leurs impacts sur l'environnement	9
Tableau N°3 : caractéristiques optimales de la composition des margines pour l'épandage sur des oliveraies	12
Tableau N°4 : Température et durée d'exposition nécessaire à la destruction de pathogènes	23
Tableau N°5 : indicateurs sensoriels de la maturité de compost	30
Tableau N°6 : Exigences en compost des légumes et des plantes	36
Tableau N°7 : composition de différents andains	39

Liste des abréviations

And: Andain.

C/N : rapport teneur en Carbone sur teneur en Azote.

C: carbone.

CE: conductivité électrique.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

cm : centimètre.

Da : densité apparente.

DCO : demande chimique en oxygène

DBO : demande biologique en oxygène

g : gramme.

Kg: Kilogramme.

kWh : kilo watt heure

l : litre.

m : mètre.

M.O : Matière Organique.

m³ : mètre cube.

MS : Matière sèche.

mS/m : milli siemens par mètre.

N: azote.

nm : nanomètre.

NPP : nombre le plus probable

O₂ : Oxygène.

pH : potentiel Hydrogène.

T : température.

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : LA FILLIERE D'OLIVE	
I.1 Définition	3
I.1.1. L'olivier	3
I.1.2. L'olive	3
I.2. Les produits de l'olivier	3
I.2.1 L'huile d'olive	3
I.2. 2. L'huile de grignons d'olive.....	3
I.2.3. Les olives de table	3
I.3 Les sous-produits de l'olivier	4
I.3.1. Les grignons	4
I.3.1.1 Définition	4
I.3.1.2 Caractéristiques physiques des grignons	4
I.3.1.3 Composition chimique des grignons.....	5
I.3.1.3.1 La cellulose brute.....	5
I.3.1.3.2 Les matières azotées.....	5
I.3.1.3.3 Les cendres.....	5
I.3.1.3.4 Les matières grasses	5
I.3.2 Les margine.....	7
I.3.2.1 Définition	7
I.3.2.2 Caractéristiques des margines	7
I.3.2.2.1 Composition chimiques des margines	7
I.3.2.2.2 Caractéristiques microbiologiques des margines.....	7
I.3.2.2.3 Pouvoir polluants des margines	7
I.3.2.2.3.1 Pollution des eaux	7

TABLES DES MATIÈRES

I.3.2.2.3.2 Pollution des sols	8
I.3.2.2.3.3 Les odeurs	8
I.4 Les critères favorables et défavorables pour la gestion des sous-produits oléicoles	10
I.4.1 Critères favorables	10
I.4.2 Critères défavorables	10
I.5 Quelques méthodes de valorisation des sous-produits de l'olivier	10
I.5.1 Méthodes de valorisation des margines	10
I.5.1.1. Fertigation	11
I.5.1.2. Evaporation naturelle	12
I.5.1.3. Installation de nébuliseurs et de rayons	13
I.5.1.4. Evaporation/concentration thermique	13
I.5.1.5. Epuration avec diverses variantes	13
I.5.2 Méthodes de valorisation des grignons	14
I.5.2.1. Extraction des huiles résiduelles	14
I.5.2.2. Utilisation comme combustible	14
I.5.2.3. Alimentation de bétail	14
I.5.2.4. Compostage	14

CHAPITRE II : LE COMPOSTAGE

II.1. Définition.....	15
II.1.1. Le compostage	15
II.1.2. Le compost	15
II.2. Les différents procédés de compostage	15
II.2.1. Le compostage en andains	15
II.2.1.1. Andains retournés	15
II.2.1.2. Andains aérés passivement	16

TABLES DES MATIÈRES

II.2.1.3. Tas statique aéré	16
II.2.2. Le compostage en récipient clos.....	17
II.2.2.1. Compostage en casier	17
II.2.2.2. Lits rectangulaires remués	17
II.2.2.3. Silos	18
II.3. Le processus du compostage	19
II.4. Les paramètres influençant le compostage.....	21
II.4.1. Paramètres biologiques.....	21
II.4.2. Paramètres physico-chimiques	22
II.4.2.1. L'eau	22
II.4.2.2. Le pH	22
II.4.2.3. Température	22
II.4.2.4. Rapport carbone/azote	23
II.4.2.5. Apport d'oxygène	24
II.4.2.6. Granulométrie.....	24
II.5. exemple de compostage des sous-produits oleicoles	24
II.5.1. Période de compostage	24
II.5.2. Techniques de compostage des grignons.....	24
II.5.3. Maturation du compost.....	28
II.5.4. Caractéristiques agronomiques.....	28
II.5.6. Période d'épandage du compost.....	28
II.5.7. Dose d'épandage du compost	28
 CHAPITRE III : LA QUALITE ET L'UTILISATION DE COMPOST	
III.1 la qualité.....	29
III.1.1 définition	29
III.1.2 Les paramètres de qualité.....	29

TABLES DES MATIÈRES

III.1.2.1 Paramètres physiques	29
III.1.2.1.1.Odeur et couleur	29
III.1.2.1.2 Température	30
III.1.2.1.3 Humidité	30
III.1.2.1.4 Perte de poids / Perte de matière organique	31
III.1.2.1.5 La densité	31
III.1.2.1.6 Rapport d'humification	31
III.1.2.2 Paramètres chimiques.....	32
III.1.2.2.1 pH	32
III.1.2.2.2 CE	32
III.1.2.2.3 Le rapport C/N	32
III.1.2.2.4 Le carbone soluble dans l'eau	33
III.1.2.2.5 CEC	33
III.1.2.3 Paramètres biologiques	34
III.1.2.3.1 L'indice de germination	34
III.1.2.3.2 Dénombrement des micro-organismes	34
III.1.2.3.3 Test respirometrique	35
III.2 Utilisation du compost	35
III.2.1 Les intérêts de l'utilisation de compost	35
III.2.2 La valorisation de compost	36
III.2.2.1 La valorisation agronomique.....	36
III.2.2.2 Les valorisations non agronomiques	37
III.2.2.2.1 La valorisation énergétique	37
III.2.2.2.2 La valorisation de compost en alimentation animale	37
III.2.2.2.3 La valorisation environnementale	37

MATERIELS ET METHODES

1-Characterisation du site expérimental	38
-----------------------------------------------	----

TABLES DES MATIÈRES

2 . Dispositif expérimental	38
3-Analyses au laboratoire	40
3.1. Détermination du pH	40
3.1.2. Méthode	40
3.2. Détermination de la conductivité électrique	40
3.2.1. Matériels utilisés	40
3.2.2. Méthode	40
3.2.3. Principe	40
3.3. Détermination du carbone organique	41
3.3.1. Matériel utilisé	41
3.3.2. Méthode	41
3.4. La densité apparente	41
Méthode au cylindre	41
3.4.1. Principe	41
4. Test de phytotoxicité	42
4.1 Méthode.....	42

RESULTATS ET DISCUSSION

1. pH	45
2. Carbone	46
3. La densité apparente.....	47
4. La conductivité électrique	48
5. Indice de germination.....	49
CONCLUSION	53

La production d'huile d'olive en Algérie atteint 935190 hl, pour une production d'olive à huile de 474730 Qx durant la campagne oléicole 2015/2016 (ONFAA, 2016).

L'accroissement de cette production et l'introduction des techniques modernes pour l'extraction de l'huile au cours de la dernière décennie ont placé l'olivier dans une position délicate de pollueur potentiel à cause de ses sous-produits. La problématique environnementale des margines et des grignons d'olives demeure entière dans les pays oléicoles et plus particulièrement dans les pays des rives Sud de la Méditerranée tel que l'Algérie, qui connaissent de vastes programmes de plantation et de modernisation du secteur industriel pour l'accroissement et l'amélioration de la qualité de leur production oléicole. Ainsi, la nécessité de trouver des solutions efficaces et réalisables dans ces pays oléicoles en voie de développement a amené le Conseil oléicole international, en partenariat avec le Fonds commun pour les produits de base, à s'intéresser à ce problème environnemental désormais inquiétant pour toute la rive méditerranéenne.

D'un autre cote, les pratiques agricoles intensives contribuent à appauvrir les sols en matière organique. Cette déperdition en matière organique provoque une diminution de la stabilité structurale des sols, une diminution de la rétention des polluants (organiques ou minéraux), et l'une des réponses à ces divers problèmes des sols est l'apport de matières organique exogènes.

Pour lutter contre ces problèmes environnemental et agronomique, il existe différentes solutions parmi lesquelles s'inscrit le compostage. En effet, la richesse en matières organiques des grignons et des margines justifie cette méthode qui pourrait créer des liens entre la gestion de ces sous-produits oléicoles et l'agriculture.

Le compostage est la méthode de stabilisation des déchets organiques la plus ancienne et la plus utilisée à travers le monde. Il peut être défini comme "un processus biologique assurant la décomposition des constituants organiques, des sous-produits et déchets organiques en un produit organique stable, riche en composés humiques: le compost.

La production de compost donne à la société dans son ensemble la possibilité de fermer le cycle des éléments nutritifs: le compost provenant d'une activité agricole doivent être retournés à la terre si une gestion durable et écologique de ces matériaux est souhaitable.

Dans ce cadre, une étude a été réalisée par MAHMOUDI K. et KANA S., (2013), suivie par ALIOUAT N. et BRIK T., (2014), menée en vue de trouver des solutions pour le traitement des déchets oléicoles par compostage. Ces auteurs ont confectionné 8 andains de composition différent à base de grignons d'olive et de margines associés à de fumier de bovin, boues des stations d'épurations, sciures de bois et de gazon.

L'objectif de ce travail consiste à évaluer la maturité de ces huit andains.

Le présent mémoire propose une méthodologie de travail qui sera adoptée pour répondre aux besoins du projet. Cette méthodologie tient compte de cinq chapitres divisés en deux parties principales : la première partie se veut être une synthèse généraliste sur les sous-produits oléicole et le compostage. Par la suite, la deuxième partie présente, en premier lieu, les matériels et méthodes utilisés, suivi par les résultats obtenus et leurs discussions.

Le travail s'achève par une conclusion générale ainsi que par quelques perspectives possibles pour les futurs travaux.

CHAPITRE I : LA FILLIERE D'OLIVE

I.1 Définition

I.1.1. *L'olivier*

Arbre robuste qui vit plusieurs siècles, jusqu'à 300 ou 400 ans. Il produit des rejets qui assurent sa descendance au point où les anciens le croyaient immortel (BENHAYOUN et LAZZERIE, 2007).

I.1.2. *L'olive*

Petit fruit ellipsoïdale d'environ 2 cm de longueur qui comporte un noyau lui-même allongé. L'olive comporte pas moins de 10 minéraux (sodium, magnésium, fer, cuivre...), des acides au nombre de 6 ou 7, des vitamines (A, D et F), des pigments, de la cire, de la chlorophylle, de l'eau et divers autres éléments (LAMBERT, 1993). L'olive est à la base de la fabrication de plusieurs produits et ... sous-produits.

I.2. Les produits de l'olivier

I.2.1 *L'huile d'olive*

Huile provenant uniquement du fruit de l'olivier, à l'exclusion des huiles obtenues par solvant ou par des procédés de réestérification et de tout mélange avec des huiles d'autre nature (C.O.I, 2011). On distingue :

L'huile d'olive vierge

L'huile d'olive raffinée

L'huile d'olive

I.2.2. *L'huile de grignons d'olive*

Est l'huile obtenue par traitement aux solvants ou d'autres procédés de réestérification et de tout mélange avec des huiles d'autre nature (C.O.I, 2011). On distingue :

L'huile de grignons d'olive brute

L'huile de grignons d'olive raffinée

L'huile de grignons d'olive.

I.2.3. *Les olives de table*

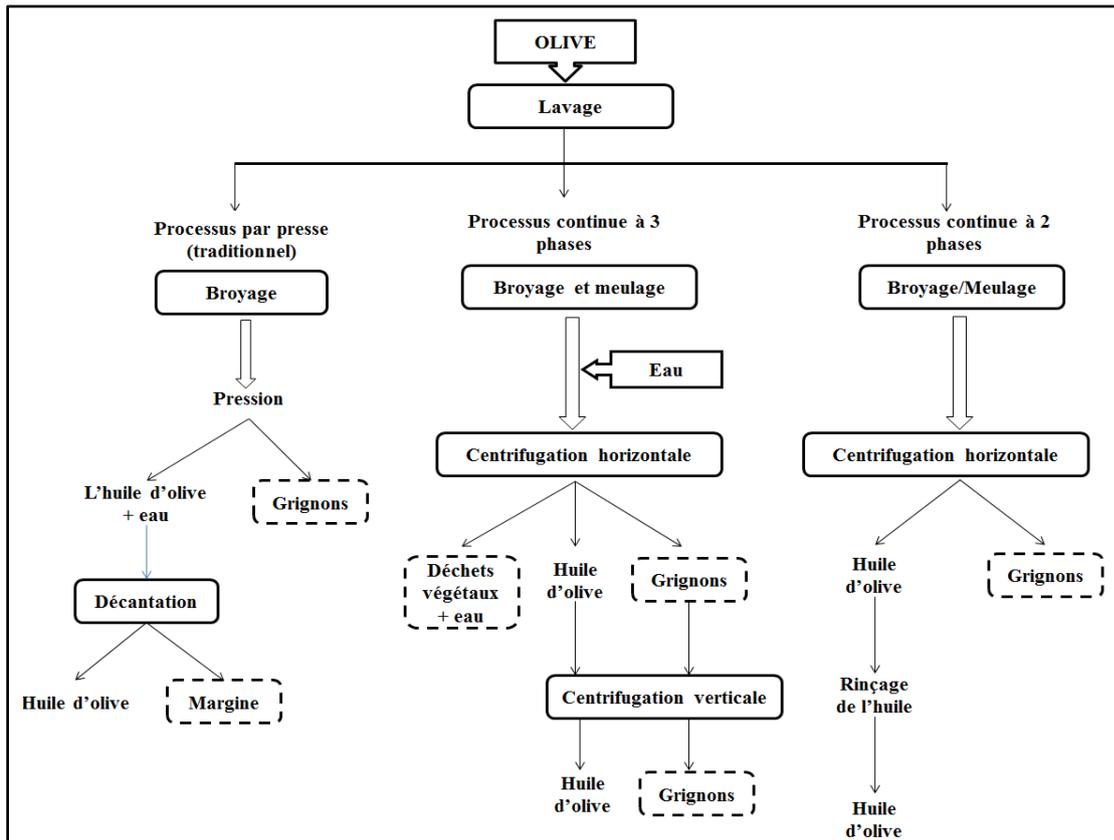


Figure N°1 : processus d'extraction de l'huile d'olive

I.3 Les sous-produits de l'olivier

Les chaînes de fabrication de ces produits engendrent une gamme de sous-produits dont la composition diffère de l'un à l'autre, dont les plus importants sont les grignons et les margines.

I.3.1. Les grignons

I.3.1.1 Définition

Résidus solides issus de la première pression ou centrifugation, et sont formés des pulpes et noyaux d'olives (BENYAHIA et ZEIN, 2003).

I.3.1.2 Caractéristiques physiques des grignons

Plusieurs types de grignons peuvent être distingués :

a. Grignon brut

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 (SANSOUCY, 1984).

b.*Grignon épuisé*

Résidu obtenu après déshuilage du grignon brut par un solvant, Généralement l'hexane (SANSOUCY, 1984).

c.*Grignon partiellement dénoyauté*

Résulte de la séparation partielle du noyau de la pulpe par tamisage ou ventilation (SANSOUCY, 1984) :

- 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

d.*La pulpe d'olive:*

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 (SANSOUCY, 1984).

I.3.1.3 Composition chimique des grignons

La composition chimique des grignons d'olive varie dans de très larges limites selon le stade de maturité, le procédé d'extraction de l'huile et l'épuisement par les solvants (NEFZAOI, 1984).

I.3.1.3.1*La cellulose brute*

Le taux de cellulose brute est élevé pour les grignons non dénoyautés. Le dénoyautage partiel réduit considérablement cette teneur, mais même la pulpe pure contient autour de 20% de cellulose brute (SANSOUCY, 1984).

I.3.1.3.2*Les matières azotées*

Leurs teneurs varient selon le type de grignon, mais restent relativement modestes (SANSOUCY, 1984). Elles sont en moyenne de l'ordre de 10% (NEFZAOI, 1984).

I.3.1.3.3*Les cendres*

Leurs teneur est normalement faible, entre 3 et 5% (NEFZAOI, 1984).

I.3.1.3.4*Les matières grasses*

La teneur en matières grasses des différents tourteaux vierge ou tourteaux pression est très élevée, de 15 à 20 % en moyenne. L'extraction de l'huile par des solvants permet d'abaisser ce taux à 4 - 5 % de matières grasses (LOUSSERT et BROUSSE, 1998).

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau N°1 :Composition chimique moyenne des différents sous-produits (LOUSSERT et BROUSSE, 1998).

Sous-produits	Teneur en matière sèche (%)	Teneurs rapportée au produit frais				Teneur rapportée à la matière sèche			
		MAT	MG	CB	Cendres	MAT	MG	CB	Cendres
Feuilles d'olive	57	7.6	4.1	10.3	3.5	–	–	–	–
Grignons vierges	75 à 91	5.9 à 10.0	7 à 18	19 à 34	4 à 7	–	–	–	–
Grignons épuisé	88	11.8	21	27	8	–	–	–	–
Grignons dénoyautés	63 à 92	–	–	–	–	8 à 10	30	15	4 à 6
Pulpe pression	82 à 92	–	–	–	–	10 à 18	28 à 47	19 à 26	3 à 6
Pulpe épuisée	76 à 89	–	–	–	–	11 à 16	4 à 9	17 à 22	6
Tourteau d'amandon									
Pression	94	29.6	10.0	15.9	5.5	30.7	3.9	16.5	4.3
Extraction	92	30.2	3.6	15.1	3.9	32.9	10.6	16.9	5.9

L'analyse chimique des sous-produits de l'huile d'olive permet donc de conclure que ces grignons ont une composition qui peut être très utiles pour les plantes si on suit un bon schéma pour leurs utilisations.

I.3.2 Les margine

I.3.2.1 Définition

C'est le résidu liquide aqueux brun qui s'est séparé de l'huile par centrifugation ou sédimentation après le pressage (SANSOUCY, 1984). Les margines ou eau de végétation proviennent pour 40 à 50 % du fruit, et le reste de l'eau utilisée pour la trituration (NEFZAOI, 1984).

I.3.2.2 Caractéristiques des margines

I.3.2.2.1 Composition chimiques des margines

La composition chimique des margines dépend en plus de procédé de fabrication, de la variété d'olive, l'étape de maturité, le temps de stockage et le climat (PREEDY et WATSON, 2010), ainsi que de la teneur en eau des olives, le sol de culture, la présence des pesticides et d'engrais, ajout NIAOUNAKIS *et* HALVADAKIS, 2004.

Les composés fondamentaux des margines sont l'eau (82,2%), les substances organiques (15%) et les substances minérales (1,8%). Il contient en moyenne 170 kg de résidus secs par mètre cube (NEFZAOI, 1984).

I.3.2.2.2 Caractéristiques microbiologiques des margines

La margine contient un nombre haut et variable des bactéries et des champignons. Parmi les souches bactériennes identifiées, il existe plusieurs d'Aacinetobacter, Pseudomonas et Enterobacter (NIAOUNAKIS *et* HALVADAKIS, 2004).

I.3.2.2.3 Pouvoir polluants des margines

I.3.2.2.3.1 Pollution des eaux

La cause des substances phytotoxiques et antimicrobiennes qu'elles contiennent, les margines sont peut dégradable, et avec une fortes charge en matière organique, ils empêchent les eaux de s'auto-épurer (BENYAHIA *et* ZEIN, 2003).

Leurs décharge dans l'eau douce réduit la disponibilité de l'oxygène à cause de leurs charge organique élevée (cent fois supérieure à celle des eaux usées municipales), qui entraîne un déséquilibre de l'ensemble de l'écosystème (KAPELLAKIS et HALVADAKIS, 2008).

Les lipides présents dans les margines forme un film imperméable sur la surface de l'eau, qui bloque la lumière du soleil et de l'oxygène aux micro-organismes dans l'eau (KAPELLAKIS et HALVADAKIS, 2008).

I.3.2.2.3.2 Pollution des sols

Les substances toxiques contenues dans ces eaux se fixent dans les sols. Certaines de ces substances telles que les phénols peuvent inhiber l'activité microbienne du sol, d'autres, des résidus de pesticides notamment, sont nocives aux plantes (BENYAHIA et ZEIN, 2003).

I.3.2.2.3.3 Les odeurs

Résultantes de l'émission de méthane et d'autres gaz piquantes (sulfure d'hydrogène, etc.) par les phénomènes de fermentation dus aux stockages dans des réservoirs ouvert et/ou déchargée sur les terres ou dans les eaux naturelles (KAPELLAKIS et HALVADAKIS, 2008).

Tableau N°2 :Caractéristiques physico-chimique des margines et leurs impacts sur l'environnement (PREEDY et WATSON, 2010).

Système d'extraction	Pression	Centrifugation
Charge polluante		
Demande chimique en oxygène (DCO) (gl ⁻¹)	120 – 130	60 - 180
Demande biologique en oxygène (DBO) (gl ⁻¹)	90 – 100	20 – 55
Matières solides en suspensions (%)	0.1	0.9
Matières solides totales (%)	12	6
Constituants organiques (%)		
Sucres	2.8 – 8.0	0.5 – 2.6
Composés azotés	0.5 – 2.0	0.1 – 0.3
Acides organiques	0.1 – 1.5	0.2 – 0.4
Polyalcools	1.0 – 1.5	0.3 – 0.5
Pentoses, tannins	1.0 – 1.5	0.2 – 0.5
Polyphénols	2.0 – 2.4	0.3 – 0.8
Lipides	0.003 – 1.0	0.5 – 2.3
Constituants inorganiques (%)		
Phosphors	0.11	0.03
Potassium	0.72	0.27
Calcium	0.07	0.02
Magnesium	0.04	0.01
Sodium	0.09	0.03
Chlore	0.03	0.01

I.4 Les critères favorables et défavorables pour la gestion des sous-produits oléicoles

MOUSSOUNI A. (2010) définit les critères favorables et défavorables pour la gestion des sous-produits oléicoles comme suit :

I.4.1 Critères favorables :

- Tendence à une augmentation constante de la production des sous-produits.
- Acquisition des premiers équipements de traitement de grignon.
- Regain d'attention à l'égard des sous-produits.
- Implication des autres filières.

I.4.2 Critères défavorables :

- Phénomène d'alternance amplifié.
- Manque de professionnalismes.
- Absence de certification des sous-produits.

I.5 Quelques méthodes de valorisation des sous-produits de l'olivier

Pour une production annuelle de 30.000 Tonne d'huile d'olives :

Il y a rejet obligatoirement dans la nature de $30.000 \times 3,5 = 105.000$ T d'eau végétale (margines). Les résidus solides (grignon) évalués pour la même quantité d'huile à $30.000 \times 2 = 60.000$ T (*BOUHIRED F.*, 2009).

Leurs utilisations à l'état brut comme énergie ou dans l'alimentation animale cache mal une activité de bricolage dont les conséquences sont difficiles à évaluer.

I.5.1 Méthodes de valorisation des margines

La margine possède une double nature, c'est un polluant solide et en même temps une source possible de composants de valeur, tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les anthocyanes, les oligo-éléments, etc., qui pourrait être isolé et exploitées économiquement (*OREOPOULOU et RUSS*, 2007).

Les systèmes de traitement et de valorisation qui présentent un degré quelconque d'applicabilité industrielle peuvent être regroupés en cinq sections qui sont : la fertigation,

évaporation naturelle et forcée, évaporation/concentration thermique, épuration avec diverses variantes, système combiné (CAR/PP, 2000).

I.5.1.1.Fertigation

L'épandage direct des margines comme des grignons est la filière la plus utilisée par les moulins à huile.

Par rapport à une fertilisation classique sur olivier, CADILLON *et* LACASSIN, indique qu'un apport de 100 m³/ha de margine correspond à une fertilisation ;

- Normale en magnésie,
- Elevée en phosphore,
- Très élevée en potasse,
- Variable en azote mais généralement très élevée.

L'épandage des margines doit être réalisé entre les lignes de plantation à une distance de 0,5 à 1 m du tronc des arbres.



Figure N°2 : épandage des margines sur oliveraies (CFC/IOOC/04, 2009).

Il faut veiller à ce que les margines destinées à un usage agricole n'aient subi aucun traitement préalable et n'aient reçu aucun additif à l'exception des eaux pour la dilution des pâtes(CFC/IOOC/04, 2009).

Tableau N°3 :caractéristiques optimales de la composition des margines pour l'épandage sur des oliveraies(CFC/IOOC/04, 2009).

Paramètres	Système continu à trois phases	Système discontinu
Matière sèche (%)	5,8 – 6,1	6,8 – 9,4
Humidité (%)	93,9 – 94,2	91,6 – 93,2
pH	4,5 – 5,9	4,5 – 5,0
EC (mS/cm)	6 – 6,7	7,11 – 14,35
Matière minérale (%)	0.4 - 1.7	0.6 – 1.9
Matière organique (%)	7.3 – 9.2	9 - 16.5
Polyphénols (%)	0.15- 0.4	0.54 – 0.77
Azote Total (%)	0.1- 0.58	0.35 – 0.7
Potassium (%)	0.2 – 0.6	0.63 – 0.97
Demande Chimique en Oxygène (g/l) (DCO)	30 -70.2	50 – 110
Demande Biologique en Oxygène (g/l) (DBO)	10 – 60	20 – 100

L'épandage des margines sur les terres agricoles est une technique simple, peu onéreuse et efficace qui permet de restituer aux sols des substances nutritives tout en évitant de polluer l'environnement. Cependant, il existe des cas où l'épandage des margines est non autorisé :

- Terres agricoles à pH neutres et/ou acides et à texture très grossière : sols sableux et sols caillouteux ;
- Terres hydromorphes dans les points bas de la topographie ou liés à la présence de mouillères ;
- Sols avec des nappes phréatiques superficielles de profondeur inférieure à 10 mètres ;
- Terrains très proches (moins de 20 m) d'une source hydrique (puit, lac, rivière,...etc.)
- Terrains de pente supérieure à 15 % (risque de ruissellement des margines) ;
- Terres inondées ou gorgées d'eau (en cas de pluie);
- A proximité des centres urbains.

1.5.1.2. Evaporation naturelle

Ce procédé consiste à déposer les margines dans des bassins d'évaporation ou des lacs de stockage (lagunes) où elles subissent une évaporation naturelle due à l'énergie solaire, le déchet à un temps de séjour de 7 à 8 mois dans les lagunes. Il est l'un des premiers procédés utilisés, ou une élimination de la DCO comprise entre 20–30% à 75–80% a été rapportée

(OREOPOULOU *et* RUSS, 2007). Les principaux inconvénients de l'évaporation naturelle sont les mouches et les mauvaises odeurs, ainsi que la contamination potentielle des eaux sous-terraines si le fond de la lagune de stockage est mal orienté contre l'infiltration (AZBAR *et al*, 2004).

1.5.1.3. Installation de nébuliseurs et de rayons (évaporation forcée)

Il s'agit d'un procédé destiné à favoriser la formation de particules aqueuses fines par l'injection à pression dans des buses d'aspersion ou de nébulisation. Avec cela, on favorise l'action des rayons solaires et du vent et l'on améliore notablement l'évaporation (CAR/PP, 2000).

1.5.1.4. Evaporation/concentration thermique

Elle consiste en l'utilisation de l'effet thermique pour concentrer la margine, en éliminant une partie de l'eau, au moyen d'une évaporation d'effet simple ou multiple. Le déchet solide est utilisable, ce qui fait que l'on peut parvenir à une élimination totale de tous les déchets (CAR/PP, 2000).

1.5.1.5. Epuration avec diverses variantes

Plusieurs techniques peuvent être utilisées tels les traitements aérobies, traitements anaérobies, procédés membranaires, procédés d'adsorption ou biofiltration et l'oxydation humide (CAR/PP, 2000).

a. Traitement aérobie

Le traitement à base de processus aérobie repose sur ces bactéries qui se développent dans des conditions où l'oxygène et des particules organiques sont présentes, ces derniers seront oxydés par les microbes pour donner du CO₂, de l'eau, et les formes oxydées de N et S (KAPELLAKIS *et* HALVADAKIS, 2008).

b. Traitement anaérobie

Les procédés anaérobies sont caractérisés par des pools microbiens qui fonctionnent en l'absence de l'oxygène, la conversion des substances polluantes organiques dans le biogaz (méthane) et de dioxyde de carbone ou en substances volatiles hydrogénées (acides gras et les alcools) (MUZZALUPO, 2012).

I.5.2 Méthodes de valorisation des grignons

I.5.2.1. Extraction des huiles résiduelles

Les grignons issus des huileries travaillant à la presse ou en système continu à trois phases ont une teneur en huile résiduelle d'ordre de 4-8%, ce qui justifie leur extraction en solvant (hexane) avec un procédé similaire à celui utilisé pour l'extraction de l'huile de graines (CAR/PP, 2000).

L'investissement dans les installations de séchage et d'extraction est élevé, par conséquent les capacités de procédé doivent être forcément élevées pour acquérir des bénéfices.

I.5.2.2. Utilisation comme combustible

Compte tenu du pouvoir calorifique, il paraît opportun d'examiner la transformation et l'utilisation des grignons à des fins énergétiques. Le noyau d'olive présente un pouvoir calorifique de l'ordre de 5 kWh / kg (AFIDOL, 2005).

Les taux d'humidité rencontrés dans les grignons issus des chaînes continues ne permettent pas de valoriser directement ces produits dans une filière énergétique.

I.5.2.3. Alimentation de bétail

Les grignons d'olive, sous leurs différentes formes sont utilisés traditionnellement dans la plupart des pays producteurs. Curieusement peu d'études approfondies ont été effectuées pour apprécier l'effet de leur incorporation à divers degrés dans des rations des animaux.

Les grignons ne contiennent probablement pas de substances toxiques ou inhibitrices. Leurs mauvaises utilisations digestive et métabolique, seraient principalement dues à leur fort degré de lignification et aux processus technologiques d'extraction de l'huile, car ils subissent des échauffements souvent élevés (SANSOUCY, 1984).

I.5.2.4. Compostage

Le compostage des grignons et des margines apparaît comme une solution appropriée à la valorisation des résidus de trituration, compte tenu de la stabilité des matières organiques obtenues et de la réduction des teneurs en composés phénoliques et en matières grasses (AFIDOL, 2005).

CHAPITRE II : LE COMPOSTAGE

II.1. Définition

II.1.1. Le compostage

Un processus de décomposition biologique contrôlée de la matière organique dans un milieu aérobic (MICHAUD, 2007). La teneur en oxygène du milieu doit être maintenue autour de 10% (BERNON et LEBAULT, 1992).

Selon (STOFFELLA et KAHN, 2001), l'ensemble de l'équation biochimique de compostage peut être écrite comme suite :

Matière organique + O₂ + bactéries aérobies => CO² + NH₃ + produits + ENERGY

II.1.2. Le compost

Il s'agit d'un composé stable, comparable à l'humus en nature (MICHAUD, 2007). Il est le résultat d'une extrémité de processus complexe qui implique les vers et les insectes, les champignons et les bactéries (CUMMINGS, 2014).

II.2. Les différents procédés de compostage

II.2.1. Le compostage en andains

II.2.1.1. Andains retournés

Le compostage en andains consiste à placer un mélange de matières premières dans de longs tas étroits appelés andains (*Figure 3*), remués ou tournés 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).



Figure N°3 : andains dans exploitation agricole (HEBERT, 2012).

II.2.1.2. Andins 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 trouve sous le tas (MARTIN, 2005). Selon (MISRA *et al*, 2005) les andains aérés passivement devraient avoir une hauteur de 90 à 120 cm.

II.2.1.3. 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 biofiltres 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.

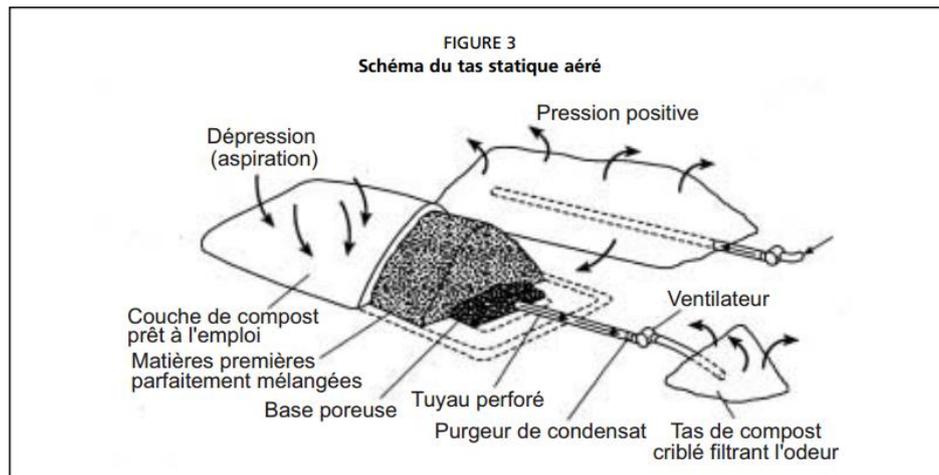


Figure N°4 : Schéma d'un andain statique aéré (MISRA et al, 2005).

II.2.2. Le compostage en récipient clos

II.2.2.1. 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.

II.2.2.2. 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 retournant les matières avance 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).

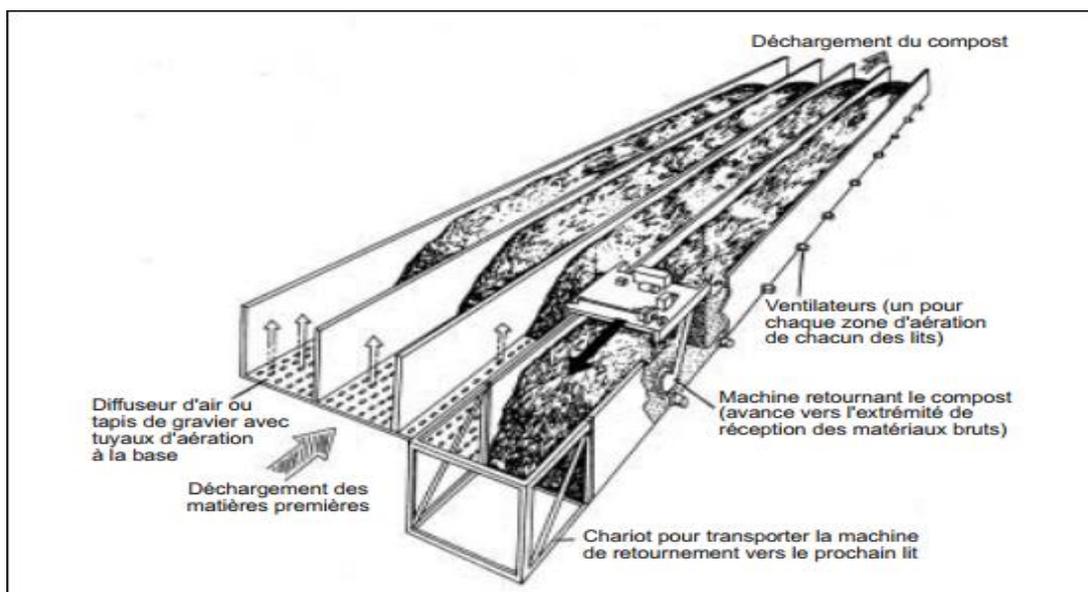


Figure N°5 : schéma d'un système de compostage en lits rectangulaires remués (MISRA et *al*, 2005).

II.2.2.3.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/ 14ième du volume du silo 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).

II.3. Le processus du compostage

Il est généralement admis que le processus de compostage passe essentiellement par 4 phases (DINESH, 2014 ; DIAZ et *al*, 2007), qui peuvent être résumées comme suite :

a. La phase mésophile

Lors de cette phase, les bactéries principalement mésophile s'attaquent aux composés facilement biodégradables, tels que les glucides, les lipides et les protéides. La température augmente graduellement jusqu'à 40°C (MICHAUD, 2007).

b. La phase thermophile (45-68 ° C)

Peut durer plusieurs jours à plusieurs semaines en fonction essentiellement de la nature des composés organiques dans les matériaux compostés (DINESH, 2014). Dans cette phase les bactéries de type mésophile meurent progressivement pour laisser la place aux bactéries de type thermophile (MICHAUD, 2007). Malgré la destruction de la plupart des micro-organismes au-delà 65°C, la température peut augmenter plus loin et peut dépasser 80°C (DIAZ et *al*; 2007), ces hautes températures ne sont atteintes que dans le centre du tas, les matières situées en bordure du tas doivent être reprises par un ou deux retournements. Cette technique permet de s'assurer que tous les éléments du tas subissent les différentes phases du compostage afin que le produit final soit homogène et entièrement assaini (LECLERC, 2012).

c. La phase de refroidissement (deuxième phase mésophile)

Alors que des microorganismes mésophiles recolonisent le substrat, cette phase dure quelques mois (DINESH, 2014).

d. La phase de maturation

La température finale dans cette phase baisse jusqu'à atteindre la même température que le sol, selon le climat entre 15 et 25°C (INKEL *et al*, 2005). À ce moment, les champignons et les actinomycètes prennent la relève pour attaquer les composés qui sont plus difficiles à décomposer tels que la cellulose et la lignine. Dans cette phase on remarque la colonisation du compost par des vers de terre et des insectes (MICHAUD, 2007).

Quand le compost est prêt, le tas devient plus homogène et moins actif biologiquement. Le matériau devient de brun foncé à noir. Les particules sont plus petites et homogènes, et la texture ressemble à celle d'un sol (MISRA *et al*, 2005).

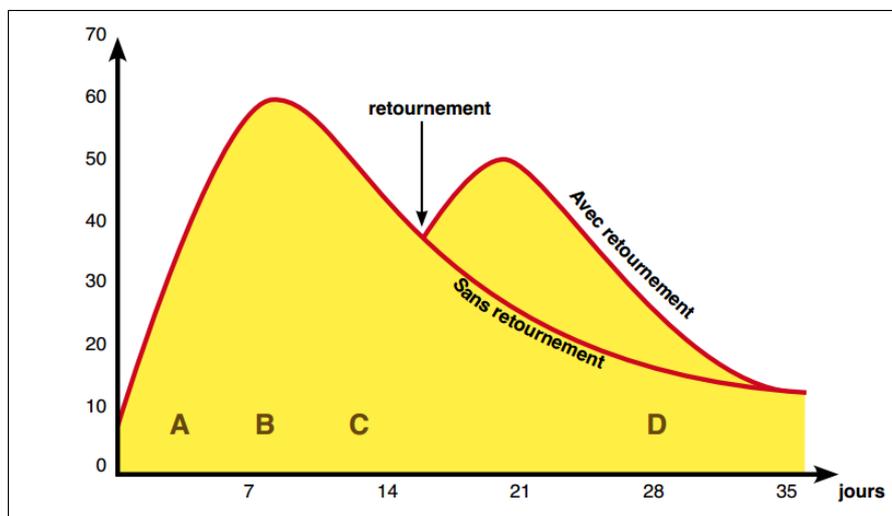


Figure N°6 : les 4 phases de compostage : la phase mésophile (A), la phase thermophile (B), la phase de refroidissement (C), la phase de maturation (D) (LECLERC, 2012).

Au cours de ce processus, la quantité d'humus augmente, le rapport entre le carbone et l'azote (C/N) diminue, le pH devient neutre, et la capacité d'échange du matériau augmente (MISRA *et al*, 2005).

II.4. Les paramètres influençant le compostage

II.4.1. Les paramètres biologiques

Micro-organismes

Les micro-organismes sont les organismes les plus actifs dans le processus de décomposition. Les principaux qui interviennent dans la décomposition de la matière organique sont les bactéries, les champignons et les actinomycètes (MICHAUD, 2007).

Les bactéries sont les premières arrivées dans le tas de compost et font le plus gros du travail (DUPLESSIS, 2006), selon (MUSTIN, 1987) les bactéries seraient responsables de 80 à 90% de l'activité microbienne lors du compostage actif.

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

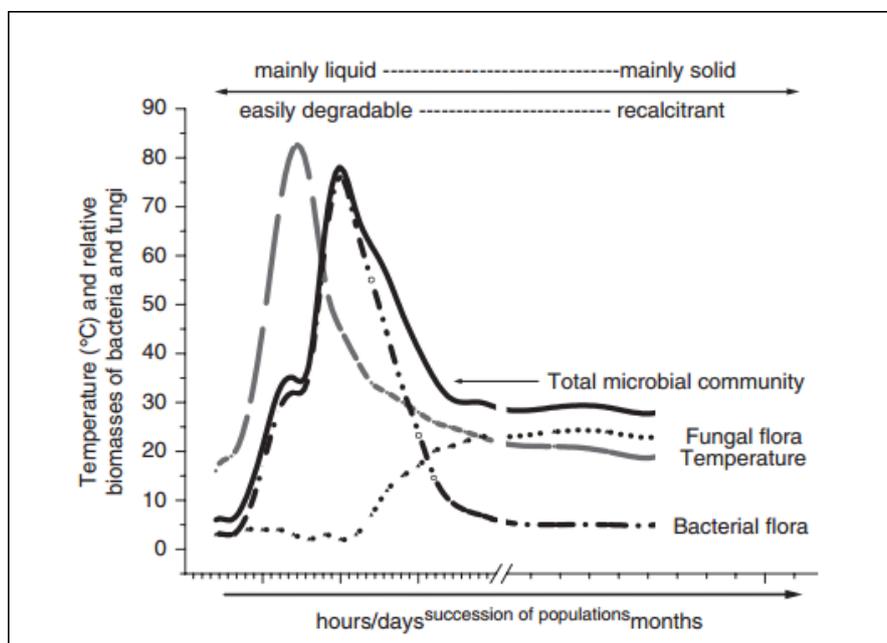


Figure N°7 : communauté microbienne durant le processus de compostage (DIAZ et al; 2007)

II.4.2. Paramètres physico-chimiques

II.4.2.1. L'eau

L'eau est indispensable pour la croissance microbienne. Selon certains auteurs (BERNON et LEBault, 1992 ; MISRA *et al*, 2005) la teneur en eau optimale est voisine de 50 %.

Un excès d'humidité peut conduire à une élimination trop rapide de l'oxygène donc à l'anaérobiose, de plus une teneur en eau élevée favorise les pertes en calories du système ce qui peut perturber les évolutions thermiques (BERNON et LEBault, 1992).

Par contre si le tas de compost est trop sec, il se décomposera très lentement. Il est donc nécessaire d'ajouter un peu d'eau au compost pour aider à accélérer le processus pendant les périodes de sécheresse (CUMMINGS, 2014).

II.4.2.2. Le pH

Il est généralement vrai de dire que les matières avec une grande gamme de pH (3-11) peuvent être compostées. Cependant, les valeurs optimales sont comprises entre 5,5 et 8. Alors que les bactéries préfèrent un pH presque neutre, les champignons se développent mieux dans un environnement assez acide.

Des valeurs élevées de pH dans les phases initiales du processus, en association avec des grandes températures peuvent entraîner une perte d'azote par volatilisation de l'ammoniac (BERTOLDI *et al*, 1982).

II.4.2.3. Température

La température idéale pour la phase initiale de compostage est de 20 à 45°C, par la suite, les organismes thermophiles ayant pris le contrôle des étapes ultérieures ont une température idéale située entre 50 et 70°C (MISRA *et al*, 2005).

Les températures élevées peuvent être utiles au début de compostage (phase thermophile) dans la lutte contre les agents pathogènes thermosensibles, mais après il est préférable de les réduire à des niveaux qui permettent le développement des eumycètes et des actinomycètes, qui sont les principaux décomposeurs des polymères à long chaîne tel que la cellulose et la lignine (BERTOLDI *et al*, 1982).

Tableau N°4 : Température et durée d'exposition nécessaire à la destruction de pathogènes
CHARNAY, 2005 in [Nobel et Roberts, 2003 ; Lucero-Ramirez, 2000 ; Goluek, 1991 dans
Déportes, 1995].

Type de micro-organismes	Température et durée nécessaire à sa destruction
<i>Ascaris lumbricoides</i>	4h à 60°C ou 1 à 65°C
Salomonellaspp	15 - 20 min à 60°C ou 1h à 55°C
Escherichia coli	15 - 20 min à 60°C ou 1h à 55°C
Tania saginata	5 min à 71°C
Shigellaspp	1h à 55°C

II.4.2.4. Rapport carbone/azote

Disposé d'une matière présentant un rapport C/N adéquat au départ est une condition indispensable pour le bon déroulement du processus de compostage (LUXEN et al, 2006). La décomposition est optimale lorsque le mélange des intrants tend vers un rapport C/N de 30/1. De façon pratique les bactéries ont besoins de 30g de carbone pour décomposer 1 gramme d'azote (MICHAUD, 2007).

Un C/N initial élevé peut limiter la croissance microbienne par carence d'azote, tandis qu'un C/N initial faible conduit à des pertes par dégazage ammoniacal. Le rapport C/N évolue tout au long de la fermentation, une bonne partie du carbone organique étant transformé en CO₂ (BERNON et LEBault, 1992).

Bien qu'il soit important, le rapport C/N ne doit pas être utilisé comme paramètre absolu, comme il est important d'identifier la nature de C dans les matières compostées. La complexité des composées C affecte la vitesse à laquelle les déchets organiques sont décomposés (DINESH, 2014).

II.4.2.5. Apport d'oxygène

Etant donné que le compostage est une oxydation biologique, la disponibilité de l'oxygène pendant le processus est d'une importance primordiale, la teneur de l'oxygène dans l'aire circulaire ne doit pas tomber en dessous de 18% (BERTOLDI et *al*, 1982).

Une bonne ventilation est atteinte en tournant le tas de compost et faire en sorte qu'il est ici classé dans la prochaine pile peut prendre de trois à quatre fois plus longtemps pour créer l'humus bénéfique (CUMMINGS, 2014).

II.4.2.6. Granulométrie

La granulométrie est un facteur qui détermine la vitesse de biodégradabilité. Plus la surface spécifique du substrat sera élevée, plus la zone de contact entre le substrat et les micro-organismes, sera étendue et meilleure sera la fermentation.

Une granulométrie trop fine induit un espace poral trop réduit et diminue l'accès puis la circulation de l'air du compost « étouffement ».

Par contre, si la granulométrie est trop élevée, les apports en oxygène vont dépasser les teneurs optimales, asséchant le compost, et la montée en température se réalisera difficilement.

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

II.5. Exemple de compostage des sous-produits oleicoles

II.5.1. Période de compostage

La période adéquate pour la réalisation du compostage se situe entre novembre et décembre (CFC/IOOC/04, 2009).

II.5.2. Techniques de compostage des grignons

Le compostage est l'un des techniques de valorisation des sous-produits de l'olivier en particulier les grignons d'olives.

C'est un processus thermophile de dégradation biologique aérobie contrôlée, pendant lequel les substances organiques sont transformées en substances humiques avec libération de dioxyde de carbone, d'eau et de chaleur.

L'élaboration du compost de grignons passe par plusieurs étapes:

a. Préparation des grignons

Cette étape consiste en la mise des grignons sous forme d'andins de 1 à 1.5 m de hauteur et de 3 m de largeur au niveau d'une plateforme en béton d'une largeur de 9 m afin de permettre le passage de la machine de retournement des andins (CFC/IOOC/04, 2009).



Figure N°8 : la mise en place des grignons

La longueur de la plateforme dépend de la quantité du compost à produire. Il est conseillé de couvrir avec un plastique la plateforme de compostage pour favoriser de meilleures conditions de compostage (humidité et température).

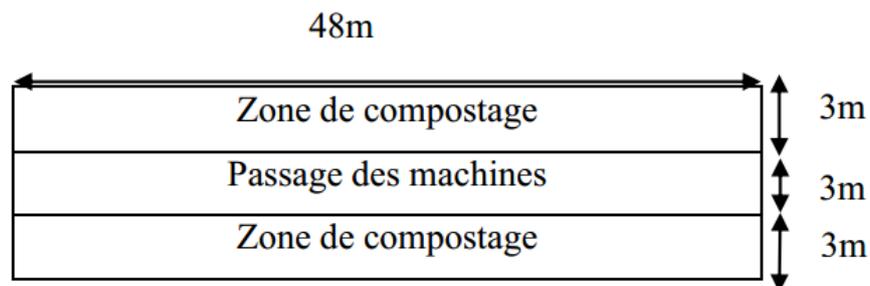


Figure N°9 : Schéma de la plateforme de compostage

Les grignons humides d'olive frais ont une grande quantité d'eau qui empêcherait la diffusion d'oxygène les premiers jours de compostage ; c'est pourquoi le compostage des grignons humides d'olive exige l'addition d'un matériau structural tel que copeaux des bois, feuilles pailles, voire du compost sec (CAR/PP, 2000).

Le bois de taille de l'olivier est utilisé après broyage en petits morceaux de 1,5cm à l'aide d'un broyeur spécifique.



Figure N°10 : Broyeur du bois de taille

Egalement, pour favoriser l'activité biologique du compost, il est recommandé d'ajouter de l'azote (Urée) avec une proportion de 2% de la quantité totale du compost (CFC/IOOC/04, 2009).



FigureN°11 : Epannage de l'urée

Avec l'utilisation de fumier de volaille en tant que co-substrat principal pendant le compostage. Un degré élevé d'humification, pas d'effet phytotoxique et une meilleure teneur en nutriments minéraux sont observés dans le produit final (OTLES et SELEC, 2012).

Le co-compostage de boue des marges avec d'autres résidus organiques pour fournir la composition chimique suffisante pourrait être un traitement approprié, ceci réduit les effets phytotoxiques des composés phénoliques et des lipides présents dans la boue (OTLES et SELEC, 2012).

b.Retournement du compost

La forte fermentescibilité des sous-produits de moulin à huile se traduit par des montées rapides en température.

Pour garantir une bonne aération du compost ainsi qu'une meilleure dissipation de la chaleur produite, qui ne doit pas dépasser les 60°C, un retournement du compost à l'aide d'une machine de retournement d'andain doit être réalisé de manière régulière une fois tous les quatre à cinq jours particulièrement pendant les 45 premiers jours de compostage (CFC/IOOC/04, 2009).



Figure N°12: Retournement du compost

c.Humidification du compost

L'humidité du compost doit être gardée à 60% environ par arrosages réguliers de l'andain.

Un manque d'eau entraîne l'apparition du "blanc" qui traduit un ralentissement de l'activité microbologique. Il suffit alors d'un simple apport d'eau pour rétablir le processus de décomposition.

En revanche un excès d'eau (taux de matière sèche inférieur à 20%) provoque des conditions anaérobiques défavorables (CFC/IOOC/04, 2009).

II.5.3.Maturation du compost

HADDAD et *al* (2012) ont montré dans un travail mener dans des conditions expérimentales, avec des mélanges de grignon d'olives et du fumier de bovin en proportion (1/1, 2/1) qu'une durée de cinq mois n'est pas suffisante pour que le rapport carbone/azote atteinte la valeur optimale.

HACHICHA et *al*(2009) ont conclu que la matière organique total diminue de 52,72% alors que les phénols diminuent de 72% après mois de compostage. Durant la même période, l'effet phytotoxique diminue jusqu'à atteindre une valeur de 80% (OTLES et SELEC, 2012).

Le compost obtenu est un amendement de sol approprié, fournissant des effets bénéfiques dans termes de propriétés du sol, en particulier dans la réduction de déficit en matière organique de sol dans les régions arides (OTLES et SELEC, 2012).

II.5.4.Période d'épandage du compost

La période optimale pour l'épandage du compost se situe vers le mois de Février- Mars c'est-à-dire deux à trois mois après compostage en évitant les jours de pluie et le terrain à PH<6.

Il est possible d'apporter les grignons et les margines sur la même parcelle en respectant bien les périodes recommandées pour l'épandage de chacun est de Novembre à Mars pour les margines, et de Février à Mars pour les grignons.

II.5.5.Dose d'épandage du compost

La dose recommandée est de 5 kg/m² soit 5 tonnes par hectare tous les trois ans. L'épandage se fait dans les interlignes des vergers.

Il peut concerner d'autres cultures à savoir : vigne, arbres fruitiers et cultures annuelles : maïs, tomate, fève, artichaut...etc.(CFC/IOOC/04, 2009).

Le compost des margines a été appliquées pour cultiver les cultures horticoles et autres. Les rendements obtenus par la fertilisation avec du compost étaient similaires, et parfois plus élevés que ceux obtenus avec des engrais minéraux (OTLES et SELEC, 2012).

.CHAPITRE III : LA QUALITE ET L'UTILISATION DE COMPOST

III.1 la qualité

III.1.1 définition

Pour devenir l'objet d'une transaction commerciale, le compost doit respecter les caractéristiques spécifiques, qui en font un produit stable qui peut concurrencer avec les engrais et autre amendement.

Selon FUCHS (2009), la bonne qualité c'est celle qui correspond à l'utilisation désirée du produit. Avec les effets positifs escomptés, et sans effets négatifs.

Mature : Se dit d'un compost qui, lorsqu'il est utilisé comme amendement organique, ne présente pas d'effets phytotoxiques sur les plantes découlant, par exemple, de l'immobilisation de l'azote ou de l'anaérobiose (BNQ, 2004).

Plusieurs paramètres ont été proposés pour l'évaluation de la maturité et la stabilité du compost. Cependant, il n'y a pas de méthode unique qui peut être universellement appliqué à tous les types de composts en raison de la variation des matériaux et de la technologie de compostage.

Les paramètres ou critères proposés ou indiqués dans la littérature sont regroupés dans les paramètres physiques, chimiques et les paramètres biologiques.

III.1.2 Les paramètres de qualité

III.1.2.1 Paramètres physiques

III.1.2.1.1.Odeur et couleur

Pendant le compostage des déchets organiques, un assombrissement progressif ou de la mélanisation des matériaux a lieu. Le produit final, après une assez longue période de maturation, est brun foncé ou presque noir (DINESH, 2014).

DINESH, 2014 rapporte que SUGAHARA et al. (1979) ont proposé une technique simple pour déterminer la maturité de compost en mesurant le degré d'obscurité des matières de compostage.

On générale une émission d'odeur désagréable a lieu lors de la première phase thermophile, qui commence à diminuer avec la maturité du compost. A la fin du processus de compostage, quand une maturation optimale est obtenue, l'odeur désagréable devrait être absente dans un tas de compost (DINESH, 2014). Une matrice normalisée pour évaluation la couleur et l'odeur est disponible (Tableau6).

Tableau N°5 : indicateurs sensoriels de la maturité de compost (STOFFELLA et KAHN, 2001).

Method	Trend During Composting	Suggested Value for Mature Compost	Comments
Sensory Indicators			
Color	Darkens	Black to very dark brown	Subjective. Feedstock dependent
Odor	Foul anaerobic odor to earthy odor	Earthy, soil-like, no odor	Subjective. Not very sensitive for composts during curing stage

Bien que la couleur et l'odeur soient les critères les plus simples pour évaluer la maturité et la stabilité du compost, certains paramètres physiques, chimiques et biologiques peuvent également être étudiés pour confirmation.

III.1.2.1.2 Température

L'évolution de la température est une indication de l'activité microbienne au cours du processus de compostage. Un compost est considéré comme assez mature lorsque sa température reste plus ou moins constante, et ne varie pas en retournant le matériau.

La montée en température à la phase thermophile est très nécessaire pour la destruction des graines de mauvaises herbes et des agents pathogènes dans le compost final et un suivi régulier de la température dans le tas de compost est nécessaire pour assurer la bonne décomposition de la matière organique (DINESH, 2014).

III.1.2.1.3 Humidité

L'humidité d'un compost est facilement déterminée, mais peut fluctuer grandement en raison de la différence dans les matières premières, la transformation et les conditions de stockage.

La teneur en humidité peut être exprimée sur une base de poids ou de volume. L'humidité est le plus souvent exprimée en fraction du poids de compost total. Quand la teneur en humidité augmente, la matière sèche diminue par unité de poids.

La teneur en humidité peut fournir une certaine compréhension des conditions de la transformation ou de l'entreposage.

Une humidité inférieure à 35% peut avoir comme cause le stockage pendant des périodes excessivement longues. Ces composts avec moins de 35% d'humidité sont souvent poussiéreux et désagréable à manipuler (STOFFELLA et KAHN, 2001).

III.1.2.1.4 Perte de poids / Perte de matière organique

La détermination de la perte de poids est la méthode la plus simple pour mesurer le taux de minéralisation de la matière organique (MO) lors du compostage.

La perte cumulée de matières organiques augmente avec le temps de compostage dans tous les types de composts, celle-ci est également mesurée sous la forme de perte de poids (DINESH, 2014).

III.1.2.1.5 La densité

La masse volumique apparente, le poids par unité de volume de compost, est affecté par l'humidité, la teneur en minéraux (cendres), la distribution et taille de particule, ainsi que le degré de décomposition.

La plupart des composts avec un taux d'humidité de 35 à 55% auront une masse volumique apparente de 500 à 700 kg/m³.

Comme la masse volumique apparente augmente, le drainage et la porosité sont réduits, et la capacité de rétention d'eau augmente (STOFFELLA et KAHN, 2001).

III.1.2.1.6 Rapport d'humification (Acide Humique/Acide Fulvique)

Ce rapport est un indicateur de maturité des composts. Il s'agit d'un fractionnement de la matière organique en humine, acides humiques et fulviques. Les résultats trouvés dans la littérature sont assez concordants avec des valeurs inférieures à 1 pour des composts immatures, et supérieures à 1 ou 3 pour les composts mûrs (TAHRAOUI DOUMA, 2013).

III.1.2.2 Paramètres chimiques

III.1.2.2.1 pH

L'intervalle de pH pour la plupart des composts finis va de 6,0 à 8,0 (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 leurs développement.

Les composts issus des matières premières telles que le bois peut 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).

III.1.2.2.2 La 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, et de compost trop saline 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 (SO₄-S-S), ou NO₃-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).

III.1.2.2.3 Le 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 CO₂ (TAHRAOUI DOUMA, 2013).

Les valeurs de C_{or} / N_{or} et C_{or} / N_t 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 pour d'autres déchets organiques, à savoir C_{or} / N_{or} avec une valeur entre 5 et 6, et C_{or}/N_t pas les valeurs sous 0,55 (BERNAL *et al*, 1993).

III.1.2.2.4 Le carbone soluble dans l'eau

Le carbone soluble dans l'eau représenté 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 diminué 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 entraînent la libération de CO_2 à la fin.

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

III.1.2.2.5 La capacité d'échange cationique

La capacité d'échange cationique (CEC) est une mesure de la capacité de compost 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 de compost est utilisée dans la formulation de terreau pour le récipient des plantes, et comme un indicateur de la maturité du compost.

La CEC de compost augmente avec le temps de compostage, les matières organique du compost devient plus humifiées (STOFFELLA et KAHN, 2001).

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

III.1.2.3 Paramètres biologiques

III.1.2.3.1 L'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 appliqué (ANTIL et *al*, 2012).

La valeur de l'indice de germination proposée par ZUCCONI et *al*, (1981), pour juger qu'un compost est mature est un indice d'au moins 50%, et ça on 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 (CEAEQ, 2003), l'indice d'inhibition de la germination est calculé en utilisant la formule suivante:

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

III.1.2.3.2 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 fécaux² : 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 (ANTIL *et al*, 2012).

III.1.2.3.3 Test respirometrique

Ils reposent 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.

III.2 Utilisation du compost

III.2.1 Les intérêts de l'utilisation de compost

Les effets positifs de l'utilisation du compost sur le sol et sur les plantes sont nombreux, en voici quelques-unes :

- Favoriser la croissance des végétaux et des racines (par l'apport de matière organique mais aussi d'oligoéléments tels que le fer, le manganèse, le cuivre, le zinc, nécessaires à la croissance des végétaux).

- augmente la capacité du sol à retenir l'eau et les éléments minéraux

- améliore la structure des sols argileux

- contribue à minimiser les écarts de ph du sol

- augmente la résistance du sol au compactage

- augmente la résistance du sol à l'érosion par le vent et par l'eau de ruissellement

- contribue à maintenir les plantes en santé

- favorise un réchauffement du sol plus rapide au printemps

III.2.2 La valorisation de compost

III.2.2.1 La valorisation agronomique

a. Arboriculture et viticulture

Lors de la plantation des arbres et des arbustes, le compost devrait être mélangé à la terre provenant du trou à raison d'une partie de compost pour deux parties de terre (DUPLESSIS, 2006 ; MICHAUD, 2007).

Il vaut mieux éviter les applications de compost à la base des arbres et des arbustes entre le début du mois d'août et la tombée des feuilles. Cela évitera de compromettre le processus d'aoûtement, ce qui pourrait occasionner des dommages durant l'hiver (MICHAUD, 2007).

b. Maraichage

Dans le semis, le compost protégera les graines et les jeunes plants contre les spores des champignons. Les terreaux de semis ne devraient pas contenir plus du tiers de compost. On peut en mettre un peu plus pour des plants adultes (DUPLESSIS, 2006).

Tableau N°6 : Exigences en compost des légumes et des plantes (DUPLESSIS, 2006).

Exigeantes	Moyennement exigeantes	Non exigeant
Tomate, concombre grim pant, pomme de terre, chou d'été, laitue pommée, citrouille, astilbe, delphinium, chrysanthème, jacinthe, salicaire, ligulaire.	Brocoli, chou d'hiver, bette à carde, courge, mais, piment, oignon, carotte, navet, radis, persil, la plupart des plantes annuelle, rudbeckie, campanule, thym, œillet.	Pois, haricot, gourgane, soja, plantes de rocaille, plantes alpines, viorne, potentille.

c. Culture de champignons

Ces derniers, se satisfont de composts grossiers, faiblement maturés. Le processus de production et de récolte peut s'accommoder de produits visuellement sales. Mais la forte capacité des champignons à accumuler les métaux lourds est devenue un frein très sérieux à l'usage des composts (DEVISSHER, 1997).

d. Plantes d'intérieur

Certains ouvrages recommandent de stériliser le compost avant de l'incorporer aux plantes d'intérieur, c'est-à-dire de le mettre au four pendant 20 minutes à très basse température afin de tuer les organismes décomposeurs, et ainsi éviter qu'il se trouve dans la maison.

Lorsqu'on stérilise le compost, on le tue, il devient par conséquent de la terre, entraînant ainsi la perte de tous ces bienfaits.

Il est possible d'utiliser les bienfaits du compost en faisant un purin ou un thé de compost. Cette façon de faire sera parfaite pour fertiliser les plantes d'intérieur, puisqu'en tamisant ainsi le solide du liquide, on filtre les organismes décomposeurs et on s'assure qu'ils ne se promèneront pas dans la maison (DUPLESSIS, 2006).

e. L'utilisation des composts pour la culture en pot

Pour faire il faut utiliser 1 part de compost mûr pour 3 parties de terreau. Il faut veiller à ne pas excéder 33% de compost dans le mélange, car on pourrait enregistrer des problèmes de drainage (MICHAUD, 2007).

III.2.2.2 Les valorisations non agronomiques

III.2.2.2.1 La valorisation énergétique

Grâce à l'action des micro-organismes, le compost dégage de la chaleur. Le principe de la valorisation énergétique du compost va être de récupérer cette énergie dégagée soit au niveau du tas, soit au niveau de fermenteur (DEVISSHER, 1997).

III.2.2.2.2 La valorisation de compost en alimentation animale

Le compost peut être utilisé en alimentation animale, pour la prévention de certaines carences minérales, en fonction de sa qualité particulière comme aliment proprement dit, comme matière première entrant dans la composition d'un aliment complet ou comme additif alimentaire (DEVISSHER, 1997).

III.2.2.2.3 La valorisation environnementale

En raison de fort pouvoir adsorbant des macromolécules humiques des compostes mûres, ils peuvent être utilisés comme système de filtration des odeurs dans une station d'épuration, ou une station de traitement des ordures ménagères (DEVISSHER, 1997).

1. Caractérisation du site expérimental

Les travaux d'expérimentation ont été réalisés sur une parcelle expérimentale du Centre de Formation Professionnelle et d'Apprentissage (C.F.P.A), localisée dans la région de Boghni situé dans la commune de Mechtras.

2 . Dispositif expérimental

Ils ont rétablis le processus du compostage en andains des sous-produits de l'oléiculture (grignon issu d'huilerie système à 2 phases et grignon issu d'huilerie système à 3 phases, margine et le bois de la taille) avec différentes matières organiques (fumier bovin, sciures de bois, gazon et les boues de station d'épuration) avec des volumes et proportions différentes indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau N°7: composition de différents andains

Andains	Eau	Grignons 3Q 40	Grignons 2 Q 40	Gazon 30	Bois 70	Boue d'épuration 8.7	Fumier de bovin 15	Engrais azoté	Marge
1	++ ++		75 % 3 V		25% 1V			1Kg NH ₄ N O ₃ /100L	
2	++ ++		50 % 2 V		25% 1V		25% 1V Bovin		
3		50% 2V			25% 1V		25% 1V		++ ++
4	++ ++	50% 2V			25% 1V		25% 1V Bovin		
5			25% 1V	75% 3V					++ ++
6	++ ++	25% 1V		75% 3V					
7	++ ++		25% 1V	75% 3V					
8		50% 2V			25% 1V	25% 1V			++ ++
9	++ ++	50% 2V		13% 0.75 V	12% 0.25 V	25% 1V		1Kg NH ₄ N O ₃ /100L	

3-Analyses au laboratoire

3.1. Détermination du pH

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

3.1.1. Matériels utilisés :

- 24 béchers de 100 ml (trois prises d'essai pour chaque andin),
- pH-mètre,
- Balance analytique.

3.1.2. Méthode :

Des échantillons de 10 g du compost sont mis en suspension dans 50 ml d'eau distillée.

Agitation pendant 10 minutes pour homogénéisation de la suspension, les laisse reposer pendant 2 heures.

Les mesures de pH ont été effectuées par un pH-mètre à électrode combinée sous une température ambiante.

3.2. Détermination de la conductivité électrique :

Elle est déterminée selon la norme ISO 11265 (1994) qui consiste à extraire l'échantillon avec de l'eau distillée à $20 \pm 1^\circ\text{C}$ dans une proportion au 1/5 ; cette extraction a pour but de faire dissoudre les électrolytes.

3.2.1. Matériels utilisés :

Bécher de 250 ml, Agitateur va et vient, Conductimètre.

3.2.2. Méthode :

L'extraction consiste à placer 20g de l'échantillon dans 100 ml d'eau distillée, et à laisser agiter la solution pendant 30 minutes puis filtrer. De la même manière, on effectue une détermination à blanc en mesurant la conductivité de l'eau à la même température.

3.2.3. Principe :

La conductivité électrique spécifique de l'extrait filtré est mesurée à l'aide d'un conductimètre AMEL de type 123 et le résultat est corrigé à une température de 25°C .

3.3. 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 M.O /C.

Les facteurs les plus souvent utilisés sont 1.724 et 2.0, selon les laboratoires et la nature des produits. Pour les composts, le facteur recommandé est 2.0. 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).

3.3.1. Matériel utilisé

- Les creusets en porcelaine pour la calcination à 550°C.
- Un four à moufle.
- Une balance précision.

3.3.2. Méthode

Avant de peser, l'échantillon est séché à l'étuve à 105°C pendant 24 heures, le pesage se fait sur la poudre obtenue. On pèse des échantillons de 3 g, qui sont placés dans le four à 550°C. La méthode par calcination est utilisée pour déterminer la matière organique totale (Association Française de Normalisation (AFNOR 1999). La matière organique est calculée à partir de la teneur en cendre après la calcination de la matière sèche à une température de 550°C pendant 5 heures.

$$\text{MO \%} = (M1 - M2 / M1) \times 100$$

$$\text{CO\%} = \% \text{MO} / 2$$

3.4. La densité apparente

Méthode au cylindre

3.4.1. Principe

Cette technique consiste à prélever de compost de volume connu dont on déterminera la masse humide puis la masse sèche et donc la densité.

La densité détermine l'évolution de la dégradation et le volume occupé par le compost.

La densité d est calculée selon la formule :

$$Da = \frac{M}{V}$$

M : masse de l'échantillon (g).

V : volume du cylindre (cm³).

Le volume de cylindre est $\pi r^2 h$.

$$3,14 \times (2,5)^2 \times 5 = 3,14 \times 6,25 \times 5 = 98,125$$

4. Test de phytotoxicité

La mesure de la phytotoxicité dans le compost est actuellement la méthode la plus précise et efficace pour le contrôle de la maturation de la matière organique sous compostage (Bertoldi et al, 1982).

4.1. Méthode

Le test est réalisé avec un semis. En réalise 5 réplica contenant chacun 5 graines de l'orge (*Hordeum vulgare*), soit 25 graines pour chaque dosage (25%, 50%, 75% et 100%).

Un test témoins (100% de terre) a été réalisé dans de même condition (5 réplica contenant chacun 5 graines de l'orge), afin d'apprécier la qualité de la terre utilisé.

Un test pour apprécier l'aptitude à la germination des graines utilisée a également été réalisé (20 grains d'orge sont semé dans du coton humidifier).

Le travail expérimental a pour but d'apprécier l'efficacité entre la terre, le compost de grignons et différents mélanges réalisés au cours de notre expérimentation.



Figure N°13 : les différentes photos correspondantes au début de notre expérimentation.

Photo A : disposition des différentes concentrations (A₁ : 25% grignons + 75% de terre, A₂ : 50% grignons + 50% terre, A₃ : 75% grignons + 25% terre, A₄ : 100% grignons).

Photo B : disposition des échantillons.

Photo C : arrosage des échantillons.



Figure N°14: apparition des premières graines



Figure N°15: photo de test phytotoxique prise à la fin du test (7 jour après le semis)

Afin d'évaluer la phytotoxicité des composts, nous avons évalué l'indice de germination (IG) comme suite :

$$IG = 100\% - \text{l'indice d'inhibition de germination}$$

L'indice d'inhibition de germination est calculé comme suite :

$$\frac{\% \text{ de germination de Témoin} - \% \text{ de germination de test}}{\% \text{ de germination de témoin}}$$

(CEAEQ, 2003).

Après 7 jours de semis, les différentes plantes sont arrachées de leurs substrats délicatement de façon à ce que les racines ne s'abîment pas. Des mesures telles que le poids de la plante, la longueur des racines ainsi que la longueur de la partie aérienne sont effectuées.



Figure N°16 : photos correspondantes aux plantes d'orge arraché de leurs substrats à la fin de test, puis rinçais afin de réaliser des mesures au laboratoire.

1. Le pH :

La Figure N°17 indique les différentes mesures de pH effectuées au cours du processus de compostage.

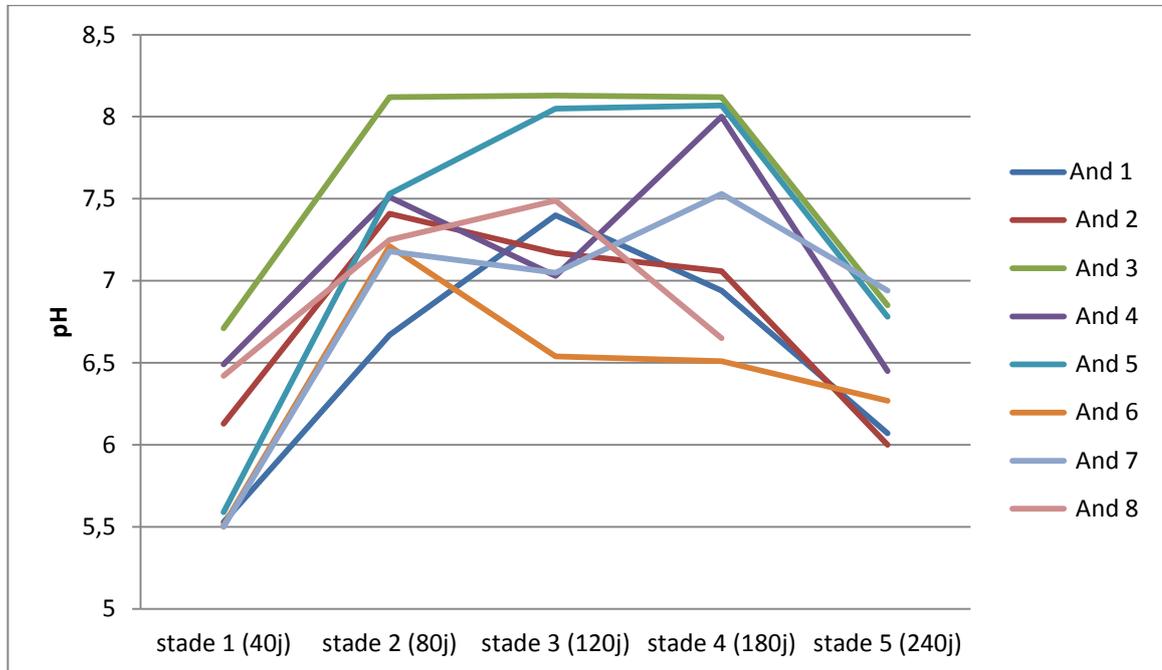


Figure N°17 : évolution de pH au cours du processus de compostage.

Au début de processus de compostage, il apparaît que les composts sont légèrement acides, en particulier pour les andains 1, 5, 6, 7 où le pH est de 5,5. Ces faibles valeurs de pH pourraient être dues à l'anaérobiose qui est établie dans les matières résiduelles, ce qui entraîne la formation d'acides gras de poids moléculaire bas (SAID-PULLICINO et GIGLIOTTI, 2007). En outre, les matériaux utilisés sont connus pour avoir un pH acide suite à la présence élevée des composés phénoliques (PAREDES *et al.* 1999).

Pour les stades 2, 3 et 4 le pH est aux alentours de la neutralité, à l'exception des composts 3 et 5 qui deviennent basiques au 3^{ème} stade en franchissant un pH de 8, ainsi que le compost 4 qui l'atteint à 180 jours.

D'après la courbe de l'évolution du pH au cours du processus du compostage (figure N°17), il apparaît que le pH final de tous les composts varie entre 6 et 7. De tels résultats ont été rapportés par plusieurs études réalisées sur le compostage des déchets de l'industrie oléicole (GIGLIOTTI *et al.*, 2012 ; MEDJAHDI *et al.*, 2014 ; MAJEDON *et al.*, 1998 ; TOSCANO *et al.*, 2013).

2. Le carbone :

D'après KELLY (2002), l'aptitude à la biodégradation d'un déchet est fonction de sa teneur en matière organique biodégradable, qui peut en première approximation être approché par la perte au feu.

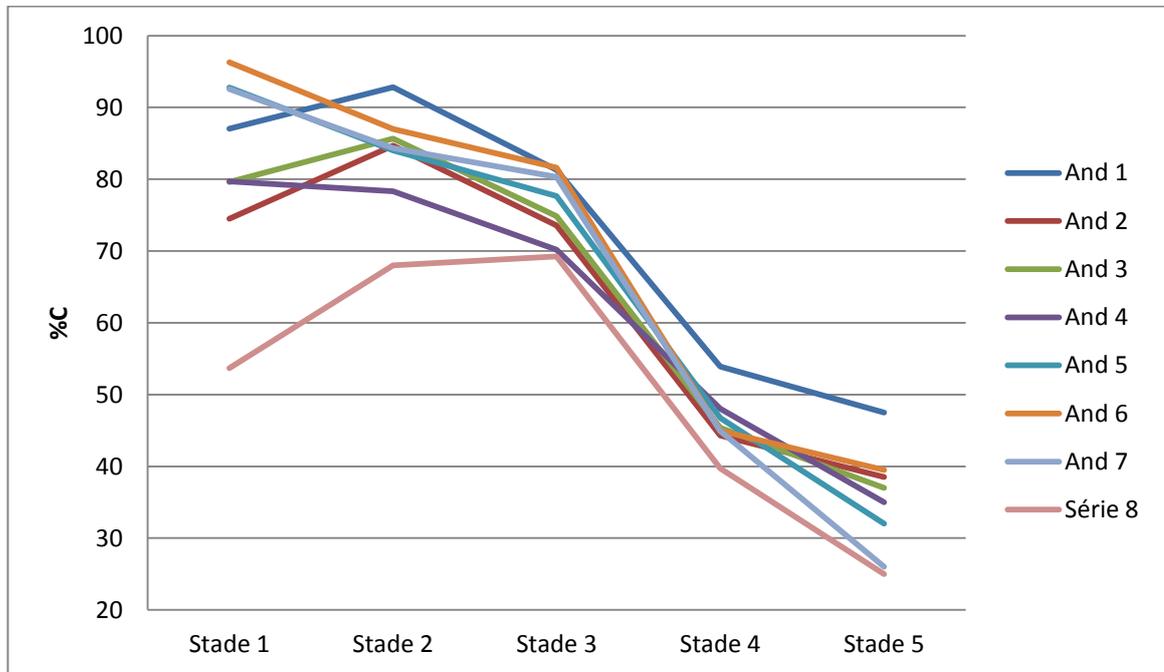


Figure N°18 : Evolution de taux de carbone de chaque andain dans les différents stades.

A partir de la Figure N°18 en remarque qu'au premier stade, le contenu des mélanges en carbone étaient élevés, et ceci en raison de leurs contenus élevés dans les matériaux de base utilisés.

Pour l'ensemble des composts, une diminution de carbone est observée à chaque stade, ce qui indique une dégradation continue des composés constituant de ces composts. Cette dégradation est variable, elle est de l'ordre de 28% à 66%. De pareil résultats ont été obtenu par plusieurs auteurs SEVIC *et al.*, 2016 pour le compost 1; CANET *et al.*, 2000; TORTOSA *et al.*, 2012 pour les composts 2, 3, 4, 5 et 6; TOSCANO *et al.*, 2013 ; MAJEDON *et al.*, 1998 pour les composts 7 et 8.

Il apparait qu'au final, le % de C est divisé presque en 2 pour les composts 1, 2, 3, 4, 6 et 8, tandis que pour les composts 5 et 7, le %C a diminué de 3 fois.

Bien que la dégradation est importante, les résultats de %C n'atteignent pas la limite fixé pour un compost mûre qui doit être $>20\%$, et ça même après 6 mois de compostage. Ceci pourrait être expliquer par la nature de la matière première. RIHANI et al. (2010) ont rapporté qu'il est difficile pour les micro-organismes de dégrader les grignons d'olives en raison de la structure de la cellulose et le contenu de la lignine. En effet, la cellulose fournit la force aux parois des cellules, alors que la lignine agit comme une barrière protectrice pour empêcher une attaque des micro-organismes (LOOW et al. 2015).

3. La densité apparente (Da) :

Les valeurs de la densité apparente des andains sont présentes dans la Figure N°19. Cette figure montre une diminution de la densité apparente pour tous les composts en particulier les composts 5, 6 et 8.

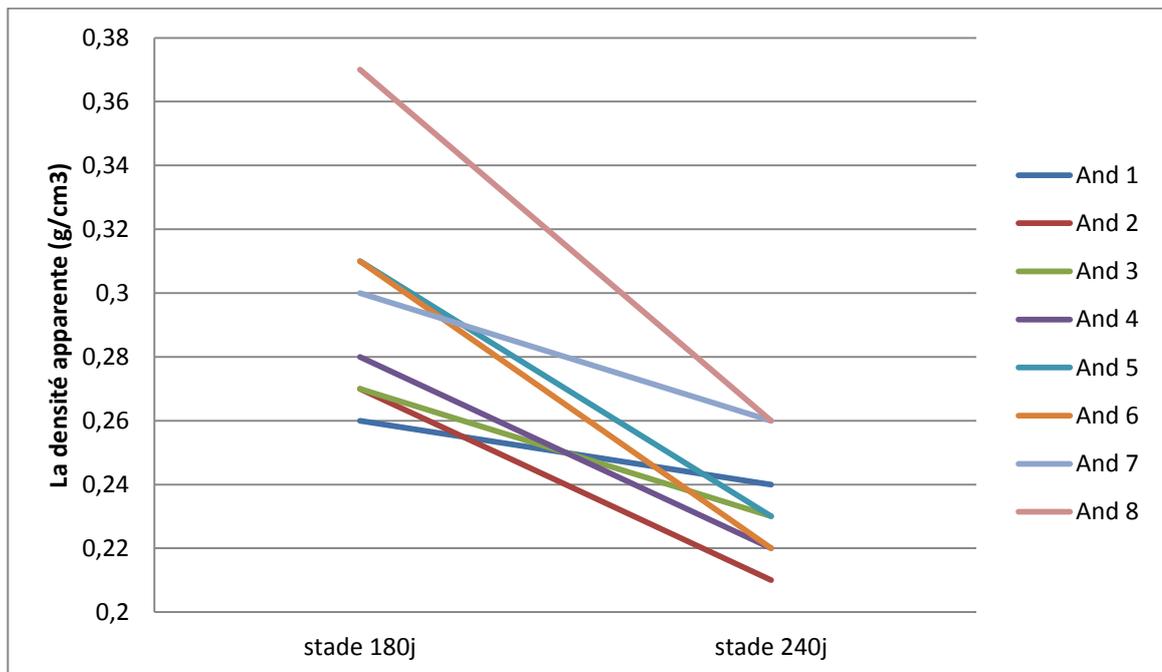


Figure N°19 : Evolution de la densité apparente aux stades 4 et 5.

FARAH NADIA et al. (2015) ont rapporté que la diminution des valeurs de la densité apparente du compost fini peut être due à des changements significatifs dans la masse et le volume du mélange des composts. BREITENBECK et SCHELLINGER, (2004) ont expliqué que la réduction du volume du compost en raison de la dégradation de la matière organique au cours du compostage peut être due non seulement à la perte de poids, mais aussi à l'existence

de petites particules comme résultat de la détérioration de la structure des composés organiques.

4. La conductivité électrique :

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

La conductivité électrique des composts obtenue après 240 jours ne dépasse pas la valeur limite de 3 mS cm^{-1} , ce qui indique une matière qui pourrait être appliquées en toute sécurité sur le sol (SOUMARE *et al*, 2002).

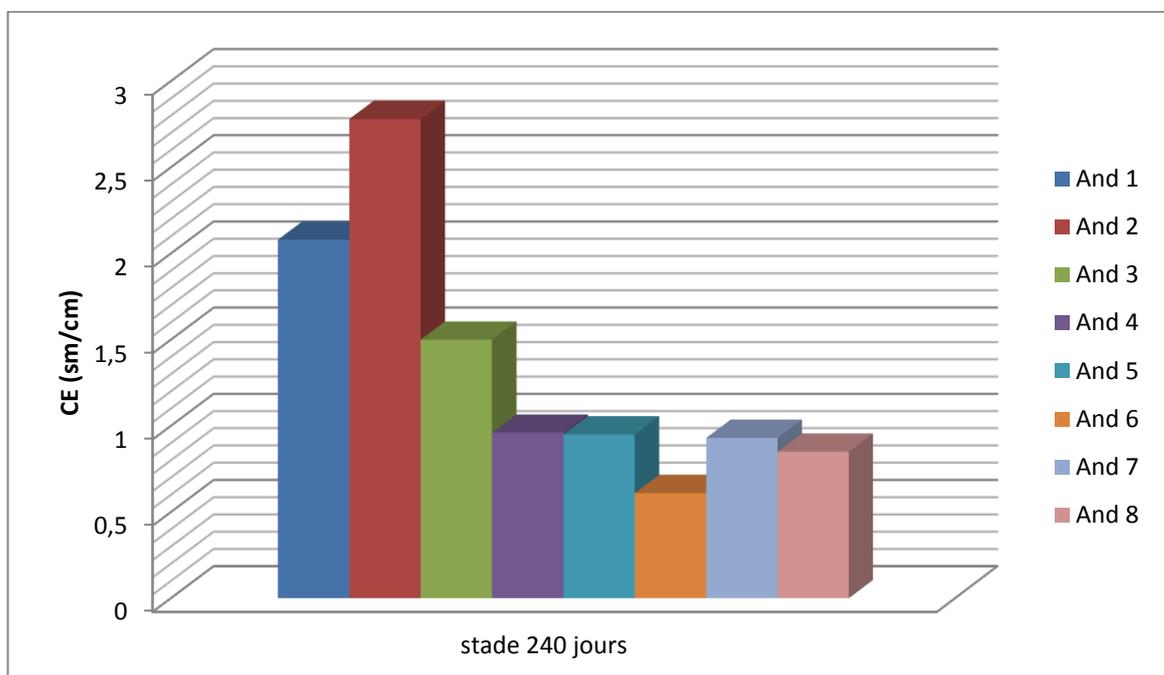


Figure N°20 : Conductivité électrique des différents andains après 240 jours de compostage.

Les CE les plus élevés ont été obtenues dans les composts riche en grignons 2Q. PAREDES *et al*, (2001) dans un travail réalisé sur l'effet de l'addition des margines sur le compostage des déchets agroindustriel et urbain, à montre que l'ajout des margines augmente la CE de compost final. Ceci peut expliquer la faible valeur obtenue par le compost 6, et les valeurs importantes obtenu par les composts 1 et 2 ou on a utilisé les plus grands volumes en grignons 2Q.

5. Indice de germination (IG) :

Durant le test aucun symptôme tel le dessèchement ou décoloration du feuillage n'a été observé. Le critère de germination prise en compte est l'ouverture de la graine et l'émergence d'une tige de 3 mm. Le pourcentage d'inhibition de la germination est exprimé sur la totalité des graines sans égard au réplica et il s'exprime comme suit :

$$\% \text{ germ.témoin} - \% \text{ germ.test} / \% \text{ germ.témoin}$$

Les valeurs de l'indice de germination se situent entre 0% et 135.8% après 240 jours de compostage. Ces variations dans l'indice de germination montrent que le taux de maturation du compost diffère d'un compost à un autre.

les valeurs de l'IG augmente avec le temps de compostage et atteignent plus de 100% après 90 jours, signalant qu'il n'y a aucun problème de phytotoxicité dans le compost, apporte QIAN et al.,(2014) in BAZRAFESHAN et al (2016). Ceci est clairement visible dans le cas de compost 7 avec des concentrations en compost de 50, 75 et 100%.

Les composés organiques phytotoxiques sont progressivement éliminés au cours du processus de compostage, SANA et OLIVA (1987) in GARIGLIO et al (2010) qui pourrait expliquer l'augmentation de l'IG avec le temps de compostage.

Dans le compost 7, l'IG est supérieur ou égale à 50%, et ça quel que soit le pourcentage de compost utilisé. Ce qui montre non seulement un bon degré de maturité, mais aussi une excellente qualité de compost obtenu. BERRAL et PARADELO, (2011) ont indiqué qu'un compost avec un IG supérieur à 100% peut être considéré comme phytonutriments ou phytostimulant.

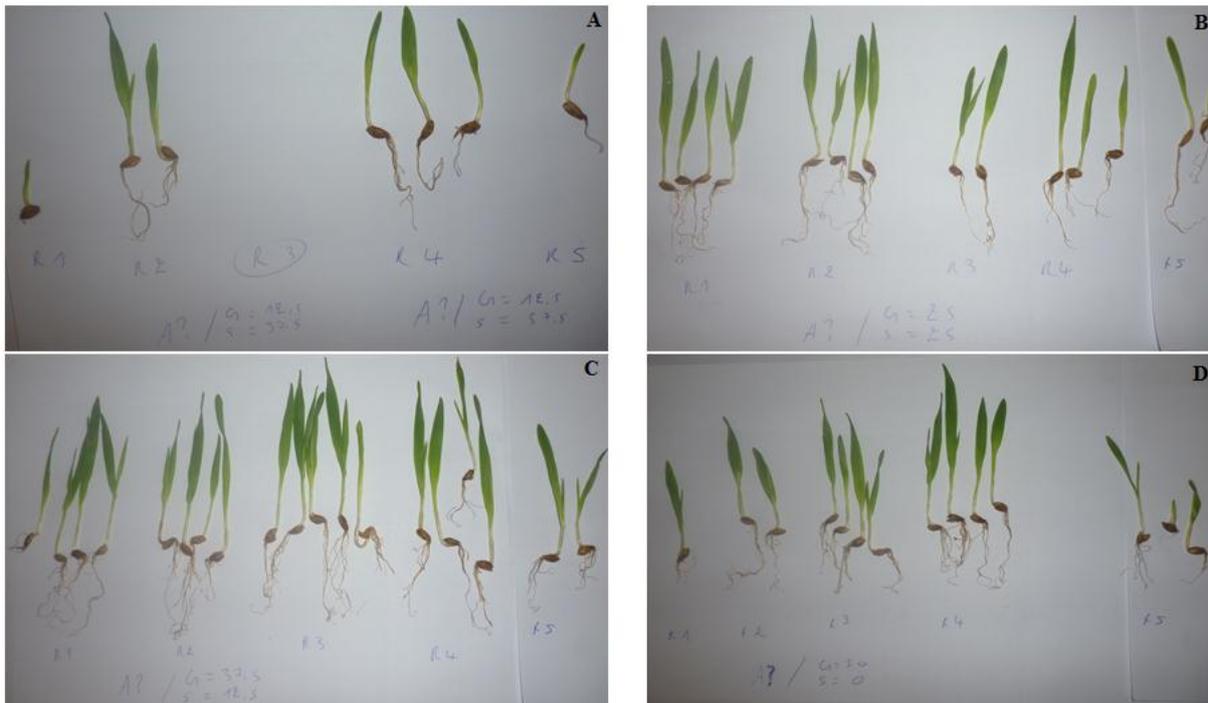


Figure N°21 : résultat de test de germination correspondant au compost 7(photo A : 25% de grignons, photo B : 50% de grignons, photo C : 75% de grignons, photo D : 100% de grignons).

Des résultats satisfaisants ont été réalisés par le compost 2 avec des IG supérieurs à 64%, à l'exception pour le mélange 75% compost et 25% sol, où on a enregistré un IG de 42.5% (figure N°22).

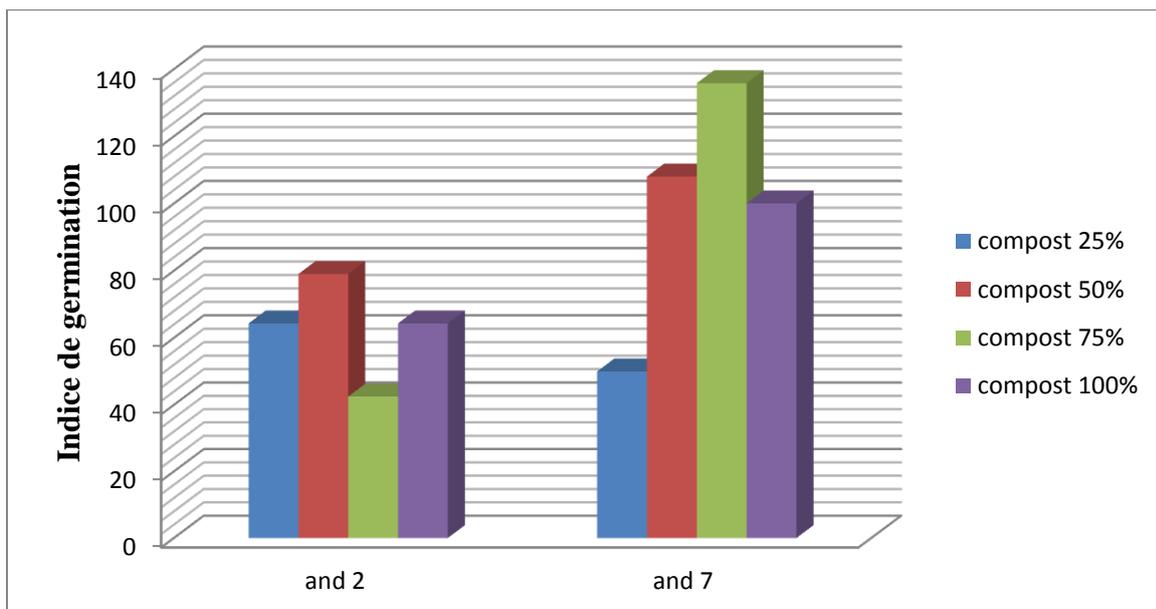


Figure N°22 : indice de germination pour les composts 2 et 7.

Le pourcentage de compost utilisé peut être considéré comme non significatif dans le cas des composts 2, 3, 4 et 7.

Dans les composts 1, 5 et 6, l'utilisation de 100% de compost à inhiber complètement la germination des grains. L'utilisation de 50% de compost à donner les meilleurs résultats dans le cas des composts 5, 6 et 8, alors que pour le compost 1, c'est dans le mélange 25% compost + 75% de terre qu'on a enregistré le meilleur IG comme il apparait dans la figure N°23.

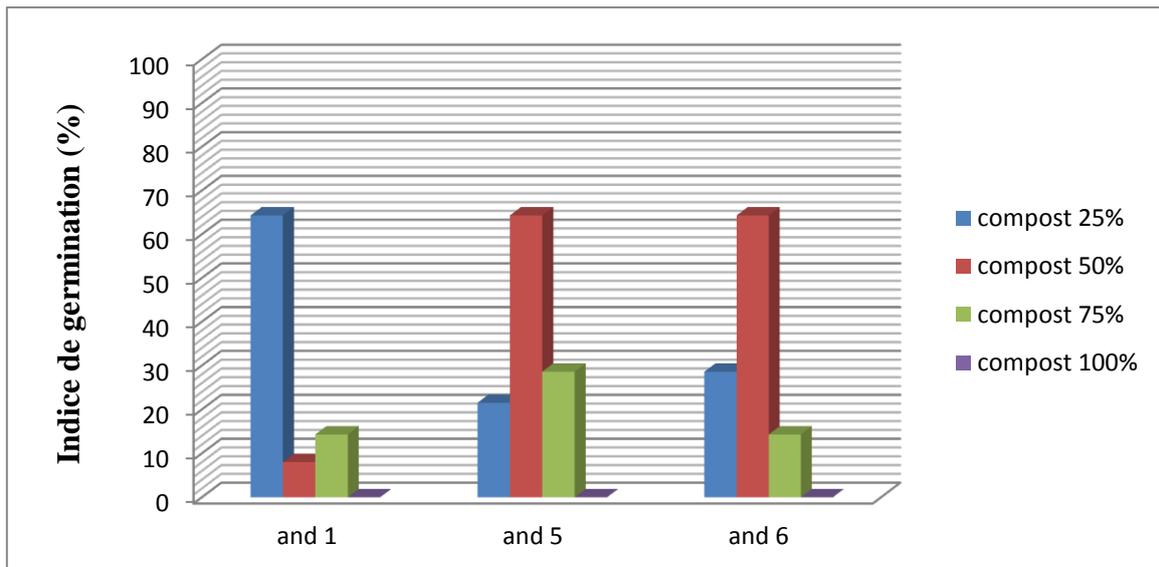


Figure N°23 : indice de germination pour les composts 1, 5 et 6.

La phytotoxicité la plus élevée a été réalisée par le compost 4, ou on n'a enregistré aucun IG supérieur à 50%.

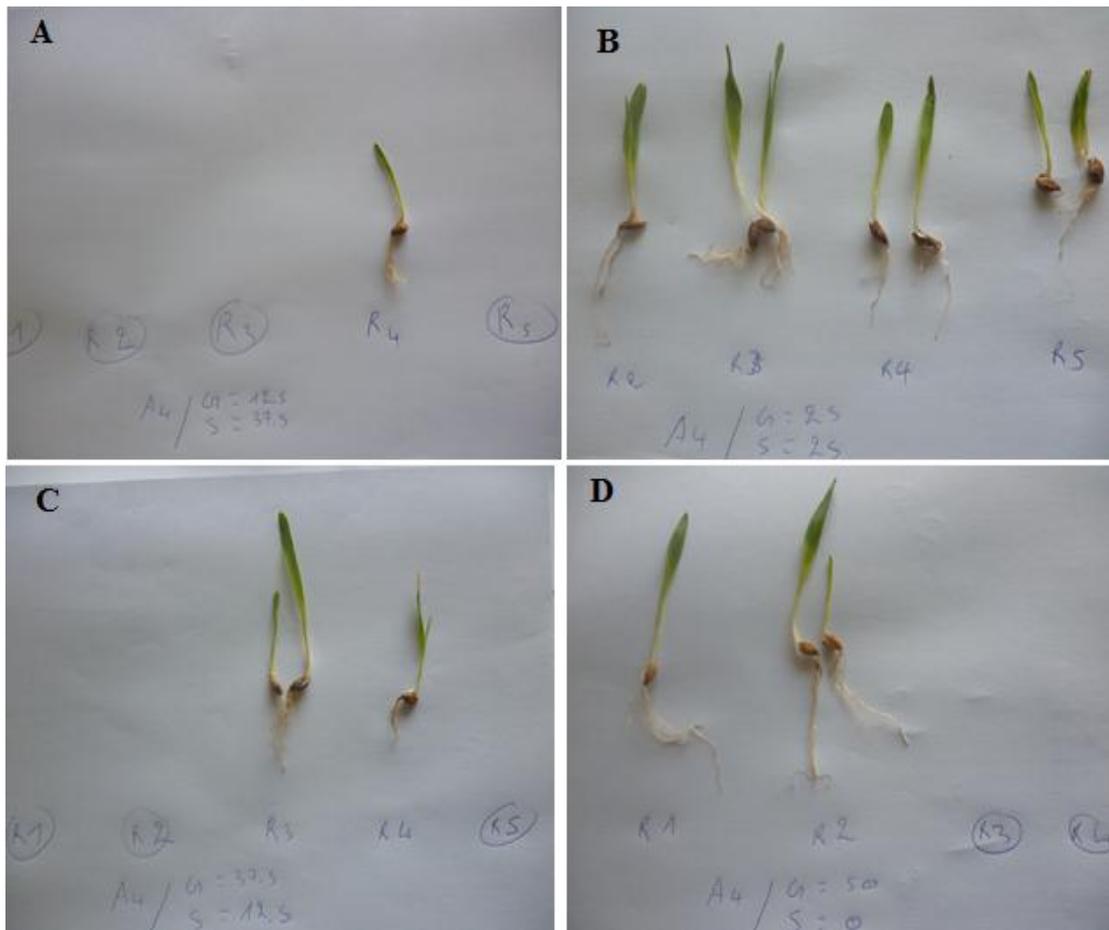


Figure N°24 : résultat de test de germination correspondant au compost 4 (photo A : 25% de grignons, photo B : 50% de grignons, photo C : 75% de grignons, photo D : 100% de grignons).

L'étude bibliographique nous a montré la nécessité et l'intérêt du compostage des sous-produits oléicoles, également l'importance donner à ce secteur vue le nombre d'études et essai réaliser par plusieurs scientifique à travers le monde, afin de trouver le meilleur mélange, et de mettre en évidence les technique de compostage les plus appropriées pour l'obtention d'un produit fini de meilleure qualité.

Le terme mature se réfère au degré de la phytotoxicité du compost. Un compost immature contient plus d'inhibiteur de croissance que le compost mature. Le control de la qualité et de la maturité de compost se fait en utilisant des méthodes chimiques, physiques et biologiques.

L'objectif de notre travail était la détermination de la maturité des huit composts issus du compostage de différentes matières organique à base de sous-produits de l'oléiculture. Les résultats de notre expérience montre que :

Le pH de tous les composts présentent des valeurs proches de la neutralité (varie entre 6 et 6.94), ce qui correspond aux pH des composts matures. De tels pH permettent aux nutriments du compost d'être facilement absorbés par les plantes.

Au bout de 240 jours de compostage, la dégradation de la matière organique est variable d'un compost à l'autre (de 5% à 18%). Le résultat final obtenu montre que cette dégradation de l'ensemble des composts n'a pas atteint un niveau suffisant pour un compost dit mature. Ceci peut avoir comme raison la nature des déchets utilisé et le procédé de compostage. Néanmoins, cette richesse permet de les utilises comme amendement organique pour les sols.

La densité de l'ensemble des composts a diminué, elle varie entre 0.21 et 0.26 g/cm³.

Les composts ont des conductivités électriques comprises entre 0.61 et 2.78 dS/m. Ce qui indique une matière qui pourrai être appliquée en toute sécurité sur le sol.

Les résultats de test phytotoxique montre une aptitude variable des différents composts à la germination. Le compost 7 a atteint un bon niveau de maturité, c'est celui qui montre le meilleur indice de germination. Les composts 1, 2, 3, 5 et 6 ont donné un indice de germination de 50% ou plus, selon le pourcentage de compost utilisé. Pour le compost 8, l'indice de germination obtenu est inférieur à 50%, ce qui montre que ce compost est phytotoxique.

PERSPECTIVES

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

- Déterminer les teneurs en éléments minéraux (P, K, Ca, S et N).
- Mesurer le rapport C/N, afin de sélectionner des composts avec des rapports C/N faible pour l'horticulture et des composts avec des rapports C/N élevés pour l'arboriculture.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A.F.I.D.O.L. 2005 : Association Française Interprofessionnelle de l'Olive : *Compostage des résidus de trituration*.

<http://afidol.org/oleiculteur/olea-2020/compostage-des-residus-de-trituration/>

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.

ANTIL R. S., DEV RAJ, NARWAL R.P. et SINGH J.P.2012. *Evaluation of Maturity and Stability Parameters of Composts Prepared from Organic Wastes and Their Response to Wheat*. Waste Biomass Valor (2013) 4:95–104

AZBAR N., BAYRAM A., FILIBELI A., MUEZZINOGLU A., SENGUL F. et OZER A. 2004. *A Review of Waste Management Options in Olive Oil Production*. Ed. Taylor & Francis. Journal: Critical Reviews in Environmental Science and Technology Volume 34, Number 3 / May-June 2004. Page: 209-247.

BAZRAFSHAN E., ZARETI A, MOSTAFAPOUR F., POORMOLLAIE N., MAHMOODI S. et ZAZOULI M. 2016. *Maturity and Stability Evaluation of Composted Municipal Solid Wastes*. Iran

BENHAYOUN G. et LAZZERIE Y. 2007. L'olivier en Méditerranée Du symbole à l'économie. Ed. L'harmattan. 135p

BENYAHIA N. et ZEIN K. 2003. Analyse des problèmes de l'industrie de l'huile d'olive et solutions récemment développées

B.N.Q. 2004 : Bureau de Normalisation du Quebec. *Projet de norme P 0413-200-5*

BERNAL MP, LOPEZ-REAL JM, SCOTT KM.1993. Application of natural zeolites for the reduction of ammonia emissions during the composting of organic wastes in a laboratory composting simulator. Bioresour Technol

BERRAL M.T. et PARADELO R. 2011. *A review on the use of phytotoxicity as a compost quality indicator*. Dynamic soil, Dynamic Plant. Global science books. 2011

BOUHIRED F., 2009. *Pour la modernisation de l'oléiculture, en Algérie*. FILAHAINNOV N°4 avril-mai 2009.

BREITENBECK GA et SCHELLINGER D.2004. *Calculating the reduction in material mass and volume during composting*. Compost Sci Util 12:365–371

BROUSSE.G et LOUSSERT R. 1978. L'olivier Techniques agricoles et production méditerranéennes. Paris.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CADILLON M. et LACASSIN J. *La valorisation agronomique des margines*. Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale. 10p
- CANET R., POMARES F., CABOT B., CHAVES C., FERRER E., RIBO M., ALBIACH MA R. 2007. *Composting olive mill pomace and other residues from rural southeastern Spain*
- CAR/PP. 2000 : Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre : *Prévention de la pollution dans la production d'huile d'olive*.
- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. 2003. *Inhibition de la germination et de la croissance chez les semences de végétaux*. MA. 500 – GCR 1.0, Ministère de l'Environnement du Québec, 2003. 30 p
- CFC/IOOC/04. 2009. Spreading on agricultural land of olive effluents: technical innovations vegetable water. Document. 17p. <http://www.cfc-iooc-04.ma>
- CHARNAY F. 2005. Compostage des déchets urbains dans les Pays en Développement : élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de doctorat. Université de Limoges. Ecole Doctorale Science Technique. 448 p.
- C.O.I. 2011 : Conseil Oléicole International : Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. <http://www.internationaloliveoil.org>.
- CUMMINGS D. 2014. *The Organic Composting Handbook: Techniques for a Healthy, Abundant Garden*. New York. Ed. Skyhorse Publishing. p52,59, 60.
- DE BERTOLDI M., G. Vallini et A. Pera., 1982. *The biology of composting: a review*. Waste Management & Research (1983). p157,176.
- DEVISSCHER S. 1997 -le compost. Mém.D.E.S.S., univ. Picardie, 60p.
- DIAZ L.F. ., DE BERTOLDI M., *BIDLINGMAIER W.* et STENTIFORD E. 2007. *Compost Science and Technology*, Volume 8 (Waste Management), Amsterdam – Boston – Heidelberg – London – New York – Oxford - Paris – San Diego – San Francisco – Singapore – Sydney – Tokyo, Med. ELSEVIER. 381p
- DINESH K. MAHESHWARI. 2014. *Composting for Sustainable Agriculture*, India, ed.SPRINGER, 295p
- DUPLESSIS J. 2006. *Le compostage facilité : guide sur le compostage domestique*. NOVA Envirocom. Canada. p112.
- FARAH NADIA O, XIANG LY, CHAIRIL ANUAR D, MOHD AFANDI MP et AZHARI BAHARUDDIN S., (2015)., Investigation of physicochemical properties and microbial community during poultry manure co-composting process. J Environ Sci 28:81–94

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- FUCHS G. J. 2009. *fertilite et pathogenes telluriques : effets du compost*. Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL), Ackerstrasse, CH-5070 Frick (Suisse).
- GARCIA C., HERNANDEZ T. et COSTA F. 1991. Changes in carbon fractions during composting and maturation of organic wastes. *Environ Manage* 15:433–439
- GARIGLIO N.F., BUYATTI M. A., PILATTI R. A., GONZALEZ RUSSIA D. E. et ACOSTA M. R. 2010. *Use of a germination bioassay to test compost maturity of willow (Salix sp.) sawdust*. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 2002, Vol. 30. Ed. Taylor & Francis. 6p.
- GIGLIOTI G., PROIETTI P., SAID-PULLICINO D., NASINI L., PEZZOLLA D., ROZATI L. et PORCEDDU P.R. 2012. *Co-composting of olive husks with high moisture contents: Organic matter dynamics and compost quality*. *International Biodeterioration & Biodegradation*. Ed. ELSIVIER. Italy. 7p
- GOMEZ-BRANDON M., LAZCANO C. et DOMINGUEZ J. 2008. *The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure*. *Science Direct*. Ed. ELSIVIER. Spain. p436-444
- HADDAD G., EL TAKACH T. et CHEHAB EDDINE H. 2012. *Evaluation de la maturité du compost (grignon d'olives et fumier bovin)*. Institut de Recherches Agronomiques Libanais (IRAL) Liban. 2p.
- HÉBERT M. 2012. *Les critères de qualité des composts du BNQ et du CCME*
- INKEL M., DE SMET P., TERSMETTE T. et VELDKAMP T. 2005. *La fabrication et l'utilisation de composte*. Ed. Agronomisa. 73p
- KAPELLAKIS I. E., TSAGARAKI K.P. et CROWTHER J.C. 2008. *Olive oil history, production and by-product management*. *Rev Environ Sci Biotechnol* (2008), p. 1–26.
- KELLY R. J. 2002. *Solid Waste Biodegradation Enhancements and the Evaluation of Analytical Methods Used to Predict Waste Stability*. Blacksburg, Virginia. p72
- LAMBERT M. 1993 - *L'olivier et la préparation des olives en provence*. Ed. SCEP, Nice, 57p.
- LEBEAULT J. M. et BERNON M. 1992. *Les biotechnologies appliquées au traitement des déchets en Europe et aux Etats Unies de l'Amérique*. état de l'art. 420p
- LECLERC B. 2012. *Compostage : Les Principes*
<http://www.scribd.com/doc/184237540/4-Compostage-Principes-pdf>

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- LOOW Y., WU T., TAN K., LIM Y., SIOW L., Md. JAHIM J, AW M. et TEOH W., 2015. *Recent advances in the application of inorganic salt pretreatment for transforming lignocellulosic biomass into reducing sugars*. J Agric Food Chem 63(38):8349–8363
- LUXEN P., GODDEN B., LIMBOURG P., MISERQUE O. 2006. Le compostage des fumiers, une technique de valorisation des matières organiques en agricultures. Les livrets de l'Agriculture n°3. SPW. 33 p.
- MAJEDON E., GALLI E. et TOMATI U. 1998. *bioremediation of olive mill pomaces for agricultural purposes*. Ed. Freising-Weihenstephan/FRG. Sorrento, Italy. p7
- MARTIN H. 2005. *Introduction au compostage agricole*, Fiche Technique du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Ontario, Mars 2005
- MEDJAHDI N., DJABEUR A. et KAID-HARCHE M. 2014. *Effect of three types of composts of olive oil by-products on growth and yield of hard wheat “Triticum durum.”* African journal of biotechnology. p9
- MICHAUD L. 2007. Tout sur le compost : le connaître, le faire, l'acheter et l'utiliser Éd Multi Mondes.
- 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
- MOUSSOUNI A. 2010. problématique de la filière oléicole en Algérie vue par un opérateur. Ingénieur Agronome. Technolive Eurl.
- MUSTIN M. 1987. *Le Compost, gestion de la matière organique*. Ed Francois Dubusc.954p.
- MUZZALUPO I. 2012. *Olive germplasm –the olive cultivation, table olive and olive oil industry in italy*. Ed. InTech. p 383.
- NEFZAOUI A. 1991. Valorisation des sous-produits de l'olivier. Zaragoza : CIHEAM Options méditerranéennes : série séminaires n°16.p104-105.
- NIAOUNAKIS M. et HALVADAKIS C.P. 2006. *Olive Processing Waste Management: Literature Review and Patent Survey*. Ed. Elsevier, 2006, illustrée, 498p.
- ONFAA. 2016 : Observatoire National des Filières Agricoles et Agroalimentaires : *Bilan de la campagne oléicole 2015/2016*. République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche
- OREOPOULOU V. et RUSS W. 2007. *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*. Springer ScienceBusiness Media, 316p.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

OTLES S. et SELEK I. 2012. *Treatment of Olive Mill Wastewater and the Use of Polyphenols Obtained After Treatment*. Department of Food Engineering, Ege University, Izmir 35100, Turkey. *International Journal of Food Studies*. p 85–100.

PAREDES C., ROIG A., BERNAL M.P., SANCHEZ MONEDERO M.A. et CEGARRA J. 1999. *Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes*. Ed. Springer. 6p

PAREDES C., BERNAL M.P., ROIG A. et CEGARRA J. 2001. *Effects of olive mill wastewater addition in composting of agroindustrial and urban wastes*. Ed. Kluwer Academic Publishers. Spain. 10p

PREEDY V.R. et WATSON R.R. 2010. *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention*. Ed. Academic Press, 2010. 1520p.

RIHANI M, MALAMIS D, BIHAOUI B, ETAHIRI S, LOIZIDOU M et ASSOBEI O., (2010). *In-vessel treatment of urban primary sludge by aerobic composting*. *Bioresour Technol* 101(15):5988–5995

SAID-PULLICINO D. et GIGLIOTTI G. 2007. Oxidative biodegradation of dissolved organic matter during composting. *Chemosphere* 68, 1030–1040.

SANSOUCY R. 1984. *Utilisation des sous-produits de l'olivier en alimentation animale dans le bassin Méditerranéen étude FAO production et santé animales*. Rome.

SEVIC F., TOSUN I. et EKINCI K. 2016. *Composting of olive processing wastes and tomato stalks together with sewage sludge or dairy manure*. Islamic Azad University (IAU) 2016

SOUMARE M., DEMEYER A., TACK F.M.G., VERLOO M.G. 2002. Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. *Bioresour. Technol.* 81, 97–101.

STOFFELLA P. J. et KAHN B. A. 2001. *Compost Utilization In Horticultural Cropping Systems*. Ed. CRC Press; 1 edition. 431p.

TAHRAOUI DOUMA N. 2013. *Valorisation par compostage des résidus solides urbains de la commune de Chlef, Algérie*. Thèse de doctorat. Ecole Doctorale Science et Techniques. 244p.

TORTOSA G., ALBUQUERQUE J.O., AIT-BADDI G. et CAGARRA J. 2012. *The production of commercial organic amendments and fertilisers by composting of two-phase olive-mill waste (“alperujo”)*. Spain. p33

TOSCANO P., CASACCHIA T., DIACONO M. et MONTEMURRO F., (2013). *Composted Olive Mill By-products: Compost Characterization and Application on Olive Orchards*. *Journal of Agricultural Science and Technology* (2013) Vol. 15: 627-638

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

WANG P., CHANGA C.M., WATSON M.E., DICK W.A., CHEN Y., HOITINK H.A.J. 2004. Maturity indices for composted dairy and pig manures. *Soil Biol. Biochem.*

ZUCCONI F., FORTE M., MONACO A. et DE BERTOLDI M. 1981. *Biological evaluation of compost maturity. Biocycle.*

Annexe 1: Les limites fixés par la loi Italien pour les caractéristiques chimiques des composts

	Italian law limits
Moisture (%)	< 50
pH	6.0 – 8.05
EC (dS m ⁻¹)	
TOC (g kg ⁻¹)	> 200
Total organic N (g kg ⁻¹)	> 80% of TNK
C/N	< 25
Humic acid + fulvic acid C (g kg ⁻¹)	> 70

Annexe 2 : Teneur maximale du compost et flux maximal en Eléments Traces Métalliques selon les normes NF U 44095 et NF U 44051

ETM	Valeurs limites en ETM Mg/kg MS
Arsenic (As)	18
Cadmium (Cd)	3
Chrome (Cr)	120
Mercure (Hg)	2
Plomb (Pb)	180
Sélénium (Se)	12
Nickel (Ni)	60

ETM	Valeurs limites en ETM
	mg/kg MS
Cuivre (Cu)	300
Zinc (Zn)	600

ETM	Flux maximal sur 10 ans en g/ha	Flux maximal par an en g/ha *
Arsenic	900	90
Cadmium	150	15
Chrome	6000	600
Cuivre	10000	1000
Mercure	100	10
Nickel	3000	300
Plomb	9000	900
Sélénium	600	60
Zinc	30000	3000

* Par apport, le flux maximal ne doit pas dépasser 3 fois les valeurs indiquées ci-dessus.

* Par an, le flux maximal ne doit pas dépasser 3 fois les valeurs indiquées cidessus.

Annexe 3 : Teneur maximale du compost en Agents Pathogènes

Agents pathogènes	Toutes cultures sauf culture maraîchère	Cultures maraîchères
Œufs d'helminthes viables	Absence dans 1.5 g de MB	Absence dans 1.5 g de MB
Salmonella	Absence dans 1 g de MB	Absence dans 25 g de MB
Pour les composts produits à partir de MIATE Listéria monocytogènes	Absence dans 1g de MB	Absence dans 25 g de MB