

UNIVERSITE KASDI MERBAH, OUARGLA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Projet de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER Académique

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Science agronomique

Spécialité : Protection de la ressource sol-eau et l'environnement

Présenté par : BABAAMMI Aoumeur

Thème

**Caractérisation de la biomasse microbienne
développée dans un compost issue des déchets du
palmier dattier**

Soutenu publiquement le : 31 /05/2014

Devant le jury :

DADDI BOUHOUN Mustapha	MCA	Président	UKM Ouargla
HAMDI-AISSA Baelhadj	Professeur	Encadreur	UKM Ouargla
KARABI Mokhtar	MAA	Co-encadreur	UKM Ouargla
HASSAINE Amina	MAA	Examinatrice	UKM Ouargla

Année universitaire : 2014/2015

Dédicace

A mes grandes mères

A ma chère mère et cher père

Mes chères sœurs

A mes amis d'hier, d'aujourd'hui

A tous mes amis

A tous mes enseignants

*A la promotion 2014-2015 des Sciences
Agronomiques, Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre
et de l'Univers, Université Kasdi*

Merbah Ouargla,

A qui m'aide

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le bon Dieu qui nous a donné le courage et la patience pour terminer ce modeste travail.

Je remercie Mr HAMDI AISSA B. (Professeur à l'Université KASDI MERBAH Ouargla), qui m'encadre, de ses encouragements incessants et de tous les efforts qu'il a fait pour mener à bien ce travail. Pour ses précieux conseils concernant notre travail.

Je remercie Mr KARABI M, Maître de conférences, Enseignante chercheur de l'Université KASDI MERBAH Ouargla, d'être mon co-encadreur et de son attention et ses conseils, m'ont permis durant la réalisation de ce travail d'acquérir une autonomie dans la recherche.

Je remercie tout particulièrement Monsieur DADDI BOUHOUN M, Maître de conférences, Enseignant Chercheur d'université KASDI MERBAH, qui à bien voulu présider le jury de cette soutenance, et ses précieux conseils concernant notre travail.

Je remercie également Mme HASSAINE A, Maître de conférences, Enseignante chercheur de l'Université KASDI MERBAH Ouargla, d'avoir accepté d'évaluer ce modeste travail.

Je remercie Mr BABZIZ O responsable de l'exploitation et sa mise à disposition les moyens et le matériel nécessaire pour la réalisation du compost.

Liste des figures

Figure 1 : Evolution de la température au cours du compostage.....	20
Figure 2 : Evolution du pH pendant le compostage.....	21
Figure 3 : Evolution de la CE pendant le compostage.....	22
Figure 4 : Evolution de l'humidité pendant le compostage.....	23
Figure 5 : Evolution de la MO pendant le compostage.....	24
Figure 6 : Evolution du C % pendant le compostage.....	25
Figure 7 : Evolution du N % pendant le compostage	25
Figure 8 : Evolution du C/N pendant le compostage.....	26
Figure 9 : Evolution du $C_{\text{Biomasse microbienne}}$ pendant le compostage.....	27
Figure 10 : Evolution du des bactéries pendant le compostage.....	30
Figure 11 : Evolution du des champignons pendant le compostage.....	31
Figure 12 : Evolution des actinomycètes pendant le compostage.....	32

Liste des photos

Photo 1 : Le site d'expérimentation.....	13
Photo 2 : Confection des tas de compost.....	24

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition chimique des palmes sèches du palmier dattier.....	4
Tableau 2 : Conditions opératoires nécessaires pour une mise en œuvre optimale d'un procédé de compostage.....	6
Tableau 3 : L'évolution de la température pendant le compostage.....	20

.

Liste des abréviations

MO: Matière Organique.

CB: Cellulose brute.

ADF: Lignocellulose

HCOSE: Hémicellulose

CV: Cellulose vraie.

LIGN: Lignine.

T1 : traitement bovin

T2 : traitement volaille

Dédicaces.

Remerciements.

Liste des figures.

Liste des photos.

Liste des tableaux.

Liste des abréviations.

SOMMAIRE

Introduction.....1

PARTIE I : Compostage

I.1. Historique.....3

I.2. Définition des concepts.....3

I.2.a Compostage.....3

I.2.b Palme.....3

I.3. Objectifs et principe du compostage.....4

I.4. Mécanismes de biodégradation.....5

I.4.a. Fermentation aérobie.....5

I.4.b. Maturation.....5

I.5. Facteurs de réussite du compostage.....6

I.5.a Aération6

I.5.b. Humidité6

I.5.c. Température6

I.6. Composition biochimique de départ7

I.6.a. pH7

I.6.a. Le rapport C/N7

I.7.	Types de compostage.....	7
I.7.a	Compostage à froid	7
I.7.b.	Compostage à chaud	7
I.8.	Compost.....	7
I.8.a.	Compost aérobie	8
I.8.b.	Compost anaérobie.....	8
I.9.	Microbiologie des composts.....	9
I.9.a.	Champignons.....	10
I.9.a.	Actinomycètes.....	10
I.9.c.	Bactéries.....	11
I.10.	Remarque sur le compost.....	11

PARTIE II : Matériels et méthodes

II.1.	Site d'expérimentation.....	13
-------	-----------------------------	----

Approche méthodologique

II.2.	Etapas de confection du compost.....	13
II.2.a.	Dispositif expérimental.....	14
II.3.	Composts étudiés.....	14
II.3.	Echantillonnage.....	15

Méthodes d'analyses

II.3.	Caractérisation des paramètres physiques et chimiques.....	15
II.3.a.	Mesure de la température.....	15
II.3.b.	Mesure du pH.....	15
II.3.d.	Conductivité électrique.....	16
II.3.e.	Humidité.....	16

II.3.f. Matière organique et dosage du carbone.....	16
II.3.g. Dosage de l'azote.....	17
II.3.h. Rapport C/N.....	17
II.4. Caractérisations microbiologiques	17

Etude microbiologique

II.4.a. Estimation de la biomasse microbienne par la méthode de Fumigation-Extraction.....	17
II.4. Détermination du carbone de la biomasse microbienne.....	18
II.4.c. Dénombrement des différents groupements des microorganismes.....	18

PARTIE III : Résultats et discussions

CHAPITRE I : Evolution des paramètres physico-chimiques

III.1. Compost obtenu.....	19
III.2. Evolution de la température.....	19
II.3. Evolution du pH.....	20
II.4. Evolution de la conductivité électrique.....	21
II.5. Evolution de l'humidité.....	22
II.6. Evolution de la matière organique.....	23
II.7. Evolution du carbone totale.....	24
II.8. Evolution de l'azote total.....	25
III.9. Evolution du rapport Carbone/azote (C/N).....	26

CHAPITRE II : Etude microbiologique

III.10. Biomasse microbienne.....	27
III.11. Dénombrement des microorganismes.....	28
III.11.a. bactéries.....	28

III.11.b. champignons.....	29
III.11.c. Actinomycètes.....	31
Conclusion générale.....	34
Annexes.....	36
Référence bibliographique.....	39

INTRODUCTION

Introduction

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) est la composante principale de l'écosystème oasien. Le patrimoine phoenicicole algérien reste sujet à diverses contraintes qui entravent son développement et sa valorisation. Il assure une source d'alimentation, une rente commerciale, un matériel de confection et d'artisanat, et est utilisé dans la lutte contre l'ensablement. (DADDI BOUHOUN, 2010).

Environ 18 millions de palmier dattiers sont cultivés en Algérie sur une superficie de 169 380 ha; dant, dix millions de palmier produisent un rendement annuel de 500.000 tonnes de dattes. (BOUGUEDOURA, 2015).

L'entretien annuel des palmiers dattiers produit un gisement renouvelable estimé à 200 000 tonnes de déchet renouvelable constitué essentiellement de palmes sèches (ABDELAZIZ, 2013). Cette grande quantité de palmiers dattiers produit énormément de déchets, qui peuvent être responsable des problèmes phytosanitaires des oasis et elle doit être éliminé pour réduire leur impacte sur l'environnement, pour éviter ce problème il faut les valoriser, le compostage est la meilleure solution de valorisation de ces déchets pour exploiter ces produits biodégradables(les déchets du palmier dattier contient environ 80% de matière organique) (SGHAIROUN, 2011).

L'application du compost dans le sol améliore les propriétés physiques, chimiques et biologiques, et restauré également la matière organique. Des informations énormes sont disponibles sur l'utilisation de compost dans l'agriculture biologique. (SINGH, 2014)

Le processus biologique de compostage implique, leur compositions et magnitude son très important dans le compostage, pour la décomposition de la matière organique et la transformation de l'azote par la nitrification et la dénitrification. (SINGH, 2014)

Pour comprendre le processus du compostage, le suivi des changements dans les différentes populations microbiennes (bactéries, champignons, actinomycètes) qui doit être bénéfique pour le développement de la plante et la fertilité du sol, ou peut être pathogène pour l'homme et les animaux. Par conséquent le degré pathogénèse et leur réduction pendant le compostage est un critère important qui doit être respecté. (SINGH, 2014).

Il est absolument nécessaire d'intensifier la recherche sur les micro-organismes efficaces nouveaux pour préparer un compost de haute qualité dans une durée relativement courte par de nouvelles technologies pour la production à grande échelle.

Dans ce travail nous nous proposons d'étudier le développement de la biomasse microbienne pendant le compostage des palmes du palmier dattier avec le fumier bovin et la fiente du volaille à l'état naturel et puis d'intensifier la recherche sur des micro-organismes efficaces pour préparer un compost de haute qualité dans une durée relativement courte avec les nouvelles technologies pour la production à grande échelle, parce que les microorganismes jouent un rôle très important dans la dégradation de la matière organique.

L'objectif est:

- D'obtenir un compost naturel ou les conditions de compostage ne sont contrôlées comme le compostage dans les jardins pour suivre l'évolution de la biomasse microbienne,
- Quantifié les microorganismes pendant le compostage à différentes températures et leur influence et interaction avec les autres paramètres physico-chimiques, sur la dégradation des différents composés des palmes tel que la lignine, cellulose,

Le but général de ce projet est de produire à partir de résidus du palmier dattier (les palmes précisément), un compost ayant de bonnes qualités fertilisantes. Notre objectif spécifique était d'étudier la dynamique de certaines populations bactériennes, fongiques, actinomycètes, tout au cours du processus de compostage. Une meilleure compréhension de la microbiologie des composts pourrait permettre de déterminer des critères microbiologiques de qualité parce que 95% de dégradation de la matière organique est assurée par les microorganismes et 5% par les macroorganismes.

PARTIE I : Compostage

I.1. Historique

Le compostage n'est pas une technique récente mais très ancienne pratiquée dès l'antiquité. Depuis des millénaires, les Chinois ont rassemblé et composté toutes les matières organiques du jardin, des champs, de la maison y compris les matières fécales.

Au Proche-Orient par exemple, une aire de dépôt des déchets urbains était aménagée devant les portes de Jérusalem : certains déchets étaient brûlés et les autres compostés.

Le compostage est une pratique paysanne ancestrale chez les agriculteurs oasiens pour tirer profit de déchets de leur palmeraie.

I.2. Définition des concepts

I.2.a Compostage

Le mot 'compost' vient du latin « Compositus » qui signifie « composé de plusieurs choses ». (ZNAÏDI, 2002).

Le compostage est un processus aérobie de dégradation de composés organiques par l'action successive des micro-organismes (bactéries, levures, et champignons), dont la concentration peut atteindre des millions, voir des milliards par gramme de compost (BARJE et al., 2008, JOURAIPHY, 2007, AMIR, 2005 ; AMIR et al., 2010) in EL FELS 2014.

- Une phase dite oxydative, au cours de laquelle l'oxydation biologique des composés facilement biodégradables se fait principalement par des bactéries. Cette forte activité microbienne entraîne une augmentation de la température jusqu'à 60-75°C, c'est pour cela que cette phase est appelée aussi phase thermophile.

- Une phase dite de maturation caractérisée par un ralentissement de l'activité microbiologique et la prédominance des phénomènes d'humification. Les micro-organismes les plus actifs sont les champignons et les actinomycètes qui dégradent les substances les plus polymérisées. Au cours de cette phase, on assiste à une stabilisation croissante de la matière organique qui se traduit par une diminution de sa biodégradabilité résiduelle.

I.2.b Palme

Les feuilles d'un palmier dattier ont une longueur comprise entre 3 à 6 m (4 m en moyenne) et ont une durée de vie normale de 3 à 7 ans (ZAID, 1987). Elle est nue d'épines sur une courte distance, mais pleine d'épines sur les deux côtés par la suite. Les zones

intermédiaires sont la colonne vertébrale de type tracts, également appelés dépliant en forme de colonne vertébrale. (ZAID, 1987).

La structure de la feuille est variée et dépend de l'environnement, elle est utilisée comme un index taxonomique pour faire la différence entre les variétés cultivées. Un palmier dattier adulte possède environ 100 à 125 feuilles vertes avec formation de 10 à 26 nouvelles feuilles chaque année (ZAID, 1987).

Tableau 1 : Composition chimique des palmes sèches du palmier dattier : (ABISMAIL, et al., 2013)

	MO%	CB%	ADF%	CV%	HCOSE%	LIGN%
Palme sèches	84.74	30.70	65.30	32.83	23.98-	20.45-
	-0.13	-0.30	-0.74	-2.31	2.81	2.36

L'utilisation de déchets de palmier, substrat ligno-cellulosique, permettra de :

- ✓ Favoriser l'aération du mélange à composter, comme agent structurant.
- ✓ Favoriser un rapport C/N optimal pour l'activité des microorganismes, étant donné que le rapport C/N des boues est faible.
- ✓ Enrichir le milieu en molécules ligno-cellulosiques considérées comme des précurseurs de substances humiques.

I.3. Objectifs et principe du compostage

Le compostage est un traitement biologique des déchets organiques permettant de poursuivre un ou plusieurs des objectifs suivants : (BAYARD et GOURDON, 2007)

- Stabilisation du déchet pour réduire les pollutions ou nuisances associées à son évolution biologique ;
- réduction de la masse du déchet ;
- production d'un compost valorisable comme amendement organique des sols.

I.4. Mécanismes de biodégradation

Le processus de compostage est réalisé en deux étapes successives, une étape de fermentation aérobie, et une étape de maturation du compost (HUMEAU et LE CLOIREC, 2006).

I.4.a. Fermentation aérobie

La fermentation aérobie de la matière organique est réalisée par une succession de consortiums microbiologiques qui s'accumulent en fonction de la température du taux de composés organiques fermentescibles. Il est possible de distinguer plusieurs phases de transformation au cours de la fermentation aérobie en fonction de la température, et du temps, comme il est indiqué dans le tableau 2. (HUMEAU et LE CLOIREC, 2006).

Une première phase de latence correspondant à la mise en place de la biomasse est rapidement suivie d'une phase mésophile où la matière organique la plus facilement biodégradable est consommée, cette réaction biologique est exothermique, conduisant donc à une production de chaleur.

S'établit alors une phase thermophile où l'activité bactérienne peut assimiler les molécules organiques les moins dégradables comme la cellulose ou la lignine.

La stabilité du milieu correspond à un équilibre entre la production interne et la dissipation externe de chaleur. Ainsi, le ralentissement de l'activité microbiologique par épuisement du gisement de nutriments entraîne une diminution de la production de chaleur et se traduit par une phase de refroidissement des andains.

L'activité biologique intense, combinée aux températures élevées, permet d'obtenir une stabilisation de la matière organique une absence d'odeurs nauséabondes, caractéristiques des fermentations mal maîtrisées.

I.4.b. Maturation

La phase de maturation devient prédominante sur la phase de fermentation aérobie suite à l'épuisement du milieu molécules simples. Les activités enzymatiques produisent des phénomènes de polymérisation et de polycondensation des molécules néoformées au cours de la fermentation aérobie, à des températures comprises entre 20 et 30°C. Ces processus d'humification sont lents et peuvent durer plusieurs mois (HUMEAU et LECLOIREC, 2006).

Tableau 2 : Conditions opératoires nécessaires pour une mise en œuvre optimale d'un procédé de compostage (HUMEAU et LECLOIREC, 2006).

Conditions opératoires	Fermentation aérobie	Maturation
Température	60 à 70 °C	20 à 30°C
Teneur en eau	60 à 80 % de la masse brute	40 à 60% de la masse brute
Ph initial de la matière	6 à 8	7 à 8
C/N	20 à 30	-
Temps de biodégradation	4 à 6 semaines	1 à 3 mois
Besoins en air	0.1 à 1 Nm ³ /min	< 0.1 N m ³ / min

I.5. Facteurs de réussite du compostage

Selon GUET (2003) Pour le compostage, les principaux paramètres d'importance pratique sont :

I.5.a Aération

Dans toute fermentation aérobie, les organismes ont besoin d'oxygène pour oxyder les matières organiques. Ce besoin est maximal au départ et diminue progressivement au cours du temps

I.5.b. Humidité

Nécessaire à la vie des micro-organismes, le produit de départ ne doit être ni trop humide, ni trop sec (apparition de feutrage gris ou blanchâtres caractéristiques des composts trop secs). Au cours du compostage, sous l'effet de la chaleur et de la ventilation, les tas perdent de l'eau par évaporation et diminuent de volume.

I.5.c. Température

Dès le début du compostage, la température s'élève rapidement. En effet, les dégradations aérobies dégagent de la chaleur.

I.6. Composition biochimique de départ

Elle peut être caractérisée par deux paramètres : le pH et le rapport C/N

I.6.a. pH

L'activité des micro-organismes produit des acides organiques et du gaz carbonique qui a tendance à acidifier la masse en compostage si le substrat est déjà acide au départ, un ralentissement d'évolution peut se produire.

I.6.a. Le rapport C/N

Au cours du compostage celui-ci diminue car les matières organiques perdent plus vite leur azote (sous forme de gaz volatils comme l'ammoniac par exemple)

Les expériences ont montré que c'est pour des rapports C/N compris entre 25 et 40 au départ que les micro-organismes se développent le plus vite et que l'humification y est active.

I.7. Types de compostage

Il existe deux types de compostage : le compostage à froid et le compostage à chaud.

I.7.a Compostage à froid

Consiste à accumuler petit à petit toutes sortes de déchets ménagers en couches peu épaisses dans une fosse. Au bout de quelques mois, il se développe de très nombreux organismes vivants (vers de terre, limaces, insectes, larves, etc.). La décomposition est souvent lente et incomplète. On obtient en fin de compte une masse noirâtre et gluante. On peut améliorer le compostage à froid en mélangeant et retournant les déchets de temps en temps (DUPRIEZ et *al.*, 1987).

I.7.b. Compostage à chaud

Il ne diffère de celui à froid que par le volume de la matière à composter et du réchauffement du tas mis sur pied. Sa réalisation nécessite certaines conditions (DUPRIEZ et *al.*, 1987).

I.8. Compost

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

ressemble à du terreau. Il provient de la décomposition contrôlée des matières organiques par des millions d'organismes vivant ; depuis les bactéries microscopiques jusqu'aux vers de terre.

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

Il existe deux types de composts :

Le compost anaérobie : est le compost résultant d'un entassement de débris végétaux qui se décomposent sur place, les inconvénients d'un tel compost sont :

- Odeurs désagréables du au pourrissement

- Evolution plus lente que celle d'un compost aérobie (il lui faut environ un an pour être prêt)

- Et les risques de problèmes phytosanitaires car sa température reste basse et les organismes pathogènes ne sont pas détruits

I.8.a. Compost aérobie

- Il ne dégage pas d'odeur désagréable

- La maturation est beaucoup plus rapide (il peut être prêt en six mois environ)

- Les graines des mauvaises herbes et les germes pathogènes sont détruits lors de l'élévation de température résultant de la fermentation oxydative. Cependant, son seul inconvénient est qu'il nécessite une intervention humaine plus importante que le compost anaérobie (COUPLAN et MARMY, 2009).

I.8.a. Compost aérobie

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

I.9. Microbiologie des composts

La biodégradation lente des composés récalcitrants comme la lignine, au cours de cette phase, par les champignons et les actinomycètes contribuent au refroidissement de la phase de maturation. Pendant cette phase, le processus d'humification prédomine, et la polymérisation et la condensation des substances libérées lors de la décomposition de la matière organique s'améliore (MUSTIN, 1987, CHRONI *et al.*, 2009 ; BARJE, 2010).

La microbiologie du compostage est complexe dans sa description à cause des grandes variations des populations suite aux changements physico-chimiques (pH, température, etc.) (BLAINE, 1993).

En ce qui à trait à la caractérisation microbiologique des composts, les chercheurs ont souvent mis l'emphase sur des groupes particuliers de microorganismes. FINDEIN et MORRIS (1975) ont fait une revue générale de la microbiologie du compostage afin d'identifier les principaux microorganismes participant au compostage. Les microorganismes sont présents en très grands nombres dans tous les substrats destinés à être compostés et, par conséquent, l'inoculation de microorganismes pour initier le compostage s'avère souvent inutile (MUSTIN, 1987). Au départ du processus de compostage, la température du compost dépend de la température ambiante (MUSTIN, 1987). Le processus de compostage est initié par des microorganismes hétérotrophes mésophiles (ATLAS et BARTHA, 1993). La première phase du compostage est une phase de dégradation. Elle est caractérisée par une très forte activité microbienne (surtout des bactéries) qui dégradent les composés les plus facilement biodégradables comme les protéines, les lipides et les glucides (MUSTIN, 1987). Suite au métabolisme microbien, la température du compost s'élève et peut atteindre des températures variant de 50 à 80°C (MUSTIN, 1987; SULER et FINSTEIN, 1977). Au fur et à mesure que les températures augmentent, les populations de microorganismes thermophiles succèdent aux populations mésophiles (ATLAS et BARTHA, 1993). Cette phase thermophile dure peu de temps et est suivie par une diminution lente de la température (MUSTIN, 1987). Ensuite, on entre dans la deuxième phase du compostage qui est une phase de maturation.

Il y a ralentissement de l'activité microbienne dû au manque de substrats facilement assimilables. Il ne reste habituellement que des composés plus difficiles à dégrader comme la lignine ou la cellulose. Il y a donc attaque de ces gros polymères par les microorganismes possédant les enzymes pouvant les hydrolyser. Il s'agit donc d'une phase où la compétition et

les inhibitions sont plus marquées (MUSTIN, 1987). Les principaux groupes de microorganismes responsables du compostage sont les bactéries, les actinomycètes et les champignons.

I.9.a. Champignons

Les champignons sont souvent retrouvés dans les systèmes en compostage dans la phase de maturation lorsque la température est plus basse et que les seuls substrats disponibles sont des polymères complexes. Ceux-ci préfèrent des conditions aérobiques et peuvent croître à une large gamme de pH (2-9). Même si certains champignons (*Geotrichum candidum*, *Aspergillus fumigatus*, *Tonda thennophila*) peuvent croître à des températures au dessus de 50°C (FINSTEIN et MORRIS, 1975), la plupart des champignons sont sensibles à une trop forte augmentation de température et par conséquent ne se développent pas durant la phase thermophile (BLAINE, 1993).

I.9.a. Actinomycètes

Les actinomycètes sont pour la plupart des bactéries filamenteuses qui produisent des spores. Leurs spores ne sont pas aussi résistantes que les endospores bactériennes mais elles leur permettent de survivre à une dessiccation prolongée (MC CARTHY et WFIAMS, 1991). Ces bactéries sont aérobies et neutrophiles, c'est-à-dire que leur croissance est meilleure à des pH neutres ou légèrement alcalins (BLAINE, 1993 ; MUSTIN, 1987). Plusieurs genres d'actinomycètes croissent à des températures de 50-60 °C et sont donc considérés comme étant thermophiles (*Thermomonospora*) (ATLAS et BARTHA, 1993). Les actinomycètes peuvent utiliser une grande variété de substrats carbonés (MC CARTHY et WILLIAMS, 1991) et sont bien connus pour leur capacité à sécréter des enzymes extracellulaires dégradant des grands polymères. On parle ici de la lignine, de la cellulose, de l'hémicellulose, de la pectine et de la chitine (MC CARTHY, 1987; ZIMMERMANN et BRODA, 1989). Les actinomycètes se développent surtout dans les phases de maturation du compost alors qu'il ne reste que des polymères comme la cellulose ou la lignine dans les composts. Les genres *Streptomyces* et *Nocardia* représentent environ 90% de la biomasse des actinomycètes présents dans le compost. Les actinomycètes sont souvent associés aux odeurs aromatiques du sol ou des composts matures (MUSTIN, 1987).

I.9.c. Bactéries

Les bactéries dans des composts à base de sciures et de boues de stations d'épuration et sous des conditions idéales, les activités de biodégradation intense suivie de la montée de température dans les premiers jours de compostage étaient essentiellement dues aux bactéries (MILIER et FINSTEIN, 1985; STROM, 1985). Des températures de 60-80°C sont souvent obtenues dans la première semaine du compostage laissant ainsi la place aux bactéries thermophiles. Mais quand les températures redescendent après quelques jours, les microorganismes mésophiles qui ont survécu à la montée de température (thermotolérance ou spores) reprennent le dessus. Dans des composts où la phase thermophile est maintenue artificiellement à 50-60 °C pendant plusieurs jours, des bactéries du genre *Bacillus* constituent la majorité des bactéries isolées. Cependant, lorsque la température d'incubation atteint 65 °C. *Bacillu stearothermophilus* est la seule espèce représentée (Strom, 1985). Certaines bactéries thermophiles dont *Bacillus steathemophzilizus*, et *Clostridium thermocelum* sont dominantes dans les composts (ATLAS et BARTHA, 1993).

I.10. Remarque sur le compost

-La stabilisation de la température du compost traduit la fin de phase de dégradation intensive (HARADA et al, 1981).

-L'absence d'odeurs déplaisantes générées par l'émission de composés organiques volatiles lors de la phase de dégradation intensive peut également être utilisée (IGLESIAS- JIMENEZ et PEREZ-GARCIA, 1989).

-Le rapport C/N est un indicateur très utilisé dans l'étude des composts. Le C/N diminue au cours du compostage et ROLETTO et al (1985) considère qu'une valeur inférieure à 25 caractérise un compost mûr, alors que Iglesias-Jimenez et Perez-Garcia (1989) considère qu'un rapport inférieur à 20 et même 15 est préférable. Mais beaucoup d'auteurs considèrent que la valeur du C/N d'un compost n'est pas suffisante pour déterminer sa maturité (MOREL et al, 1986 ; SERRA-WITTLING, 1995).

-En effet, les pH acides sont caractéristiques des composts immatures alors que les composts mûrs sont caractérisés par des pH compris entre 7 et 9 (FORSTER et al, 1993).

*PARTIE II : Matériels et
méthodes*

Approche méthodologique

II.1. Site d'expérimentation:

Le compostage a été réalisé dans l'exploitation de Mr BABZIZ à la commune de Hassi Ben Abdallah qui se situe au nord-est de la wilaya de Ouargla (à 20 km de Ouargla) l'échantillonnage à partir du 1^{er} mars 2015,

Ouargla présente un climat désertique avec un hiver froid et un été chaud (DUBIEF, 1959 ; DUBIEF, 1963) in DADDI BOUHOUNE 2010. L'aridité s'exprime non seulement par des températures élevées en été et par la faiblesse des précipitations, mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air.



Photo 1 : le site d'expérimentation (Hassi Ben Abdallah –Ouargla)

II.2. Etapes de confection du compost

Selon MUSTIN (1987) les procédés de compostage composter.

Nous avons choisi le compostage anaérobie en tas parce qu'il est l'une des méthodes la plus utilisée chez les agriculteurs.

Tri : sert à séparer les matières organiques fermentescibles des autres matières retrouvées dans les déchets tels que le plastique, verre, caoutchouc...

Broyage : sert à réduire la taille de la matière première grossière pour accroître les surfaces d'attaque et un maintien suffisant interstices entre les particules.

Trempage : le broyat sera par la suite mis dans des bassins de trempage pour une durée de 4 à 7 jours. Le but de cette opération est de faciliter ultérieurement la fermentation.

Mis en tas : le broyat trempé et le fumier seront en suite mis sous forme de couches formant ainsi un tas. Les démentions du tas en fonction de la quantité du mélange disponible.

Homogénéisation : il s'agit de mélanger les différents composants du tas pendant ou juste après la mise en tas du mélange. (MUSTIN 1987).

II.2.a. Dispositif expérimental

La proportion du mélange initial est de (2/3, 1/3) de broyat de palmes sec et de fumier bovins et la fiente de volaille. (Longueur 1,8 m, et d'un largueur de 1,2 m, la hauteur 0,7 m) couvrir par un film plastique pour garder la température et l'humidité.

La proportion du mélange initial est de (2/3, 1/3) de broyat de palmes sec et de fumier de bovins et la fiente de volaille. (SGHIROUN 2011).



Phase de Tri



Phase de Broyage



Phase de Trempage



Phase de Mis en tas



Phase d' Homogénéisation

Photo 2 : confection des tas de compost

II.3. Echantillonnage

Cette étude s'est focalisée sur le compostage des déchets du palmier dattier essentiellement les palmes, l'échantillonnage est effectué selon l'évolution de la température à 30 cm de la surface du compost, pour observer le développement de la biomasse microbienne dans des conditions stériles et les échantillons sont conservés à 4°C.

1^{er} échantillonnage : 1^{er} jour du compostage

2^{ème} échantillonnage : après 44 jours du compostage

3^{ème} échantillonnage : après 72 jours du compostage

Méthode d'analyse

II.3. Caractérisations des paramètres physiques et chimiques

II.3.a. Mesure de la température

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

II.3.b. Mesure du pH

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

la laisser en agitation pendant 5 mn puis la faire reposer pendant au moins deux heures. La lecture du pH se fait moyennant par un pH-mètre. (M'SADAK, 2013).

II.3.d. Conductivité électrique

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

II.3.e. Humidité

Pour mesurer l'humidité on met l'échantillon dans l'étuve directement après l'échantillonnage pendant 24h à une température de 105°C .

La détermination de l'humidité est selon l'équation suivante : $H\% = 100 \times \frac{MH-MS}{MH}$

(M' SADAK, 2013).

II.3.f. Matière organique et dosage du carbone

La détermination de la matière organique (MO) et des cendres a été effectuée en deux étapes:

- On pèse 20g de chaque substrat et on met les échantillons dans l'étuve pendant 24 heures à 70°C ;

- On réalise la calcination de 3g de l'échantillon, préalablement séché pendant 2 heures à l'étuve, à 900°C pendant au moins 6 heures dans un four à moufle et on détermine le résidu sec ou masse après calcination. La teneur en MO est déterminée selon l'équation suivante :

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

Avec : M1: Masse avant calcination (mg) ; M2: Masse après calcination (mg).

À partir de la MO, une déduction de la teneur en Carbone Organique Total (COT) a été possible en appliquant la relation suivante : $COT (\%) = (MO (\%) / 1,8) \times 100$. (M' SADAK, 2013).

II.3.g. Dosage de l'azote

L'azote (N) est dosé par la méthode de Kjeldhal dont le principe repose sur l'attaque de l'échantillon par l'acide sulfurique concentré (H₂SO₄). Le dosage d'azote repose sur le principe décrit dans ce qui suit. Dans chaque matras à digestion, on introduit 2 g du compost et 20 ml d'acide sulfurique concentré et 2,5 de catalyseur on place le matras dans le digesteur et on augmente la température d'un 1/5 °C chaque 15 min jusqu'à 3°C ou la couleur devient verte; c'est la phase de minéralisation.

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

On ajoute 250 ml d'eau distillée, on prend 20 ml de l'extrait et 40 ml NaOH et on place le matras dans l'appareil, et on ajoute 25 ml de l'acide borique et 5 à 6 gouttes de rouge de méthyle dans une Arlène Mayer, on fait la distillation pour l'extrait de l'Arlène par l'acide sulfurique jusqu'à le virage de couleur.

La méthode de kjeldal a été utilisée pour déterminer le taux d'azote total (%N).

II.3.h. Rapport C/N :

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

Etude microbiologique

II.4. Caractérisations microbiologiques

Détermination de la biomasse microbienne

II.4.a. Estimation de la biomasse microbienne par la méthode de Fumigation-

Extraction

A la fin de chaque période d'incubation, les échantillons de chaque traitement sont fumigés au chloroforme (CH₃Cl) dans un dessiccateur pendant 24 h à l'obscurité et à une température de 25°C (BROOKES et *al.*, 1985). Après fumigation, les trois échantillons sont extraits par une solution de K₂SO₄ à 0.5 N avec une proportion de ¼ puis filtrés. En même temps, les trois autres échantillons subissent une extraction.(annexe 2).

II.4.b. Détermination du carbone de la biomasse microbienne

La quantité du carbone est faite par la méthode d'oxydation au bichromate de potassium (JENKINSON et POWLSON, 1976). La quantité du carbone soluble dans l'extrait du sol fumigé et non fumigé est utilisé selon l'équation suivante:

$$Bc = [CF - CNF] / kec$$

Avec Bc: Carbone de la biomasse microbienne; CF: Carbone dans le filtrat K₂SO₄ du sol fumigé; CNF: Carbone dans le filtrat

K₂SO₄ du sol non fumigé; Kec: coefficient d'efficacité d'extraction du carbone de la biomasse microbienne. VORONEY et *al.*, (1991) suggèrent un kec de 0.35 qui est généralement la valeur de l'efficacité de l'extraction du carbone de la biomasse microbienne.

II.4.c. Dénombrement des différents groupements des microorganismes

Une bonne compréhension des changements microbiologiques exige une étude précise des successions de communautés microbiennes comprenant l'ensemble des micro-organismes présents y compris ceux qui sont en très faible proportion. (ALBRECHE, 2007). Plusieurs travaux de recherche ont été focalisés sur la microbiologie du compost mais jusqu'à présent les analyses systématiques microbiologiques des produits de compostage restent insuffisantes (HASSEN et *al.*, 2001).

Les analyses microbiologiques sont réalisées à partir d'une suspension de 1 g de compost dans 9 ml d'eau distillée stérile. La suspension est par la suite agitée manuellement dans le but de libérer le maximum de la charge microbienne

Des dilutions en série sont ensuite réalisées à partir d'eau distillée stérile. Pour le dénombrement de la microflore bactérienne, fongique, et les actinomycètes, sur des milieux gélosés (annexe : 1) les dilutions 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁶, 10⁻⁷, 10⁻⁸ et 10⁻⁹ sont utilisées pour ensemencher des milieux sur boîte de Pétri, en utilisant les milieux mentionnés ci-dessus.

L'ensemble des boîtes est incubé à 30°C couvercle en bas et les lectures sont réalisées à 24 h ou 48 h pour les bactéries, 3 jours pour les champignons et 5 jours pour les actinomycètes.

*PARTIE III : Résultats et
discussions*

Chapitre I : Evolution des paramètres physico-chimiques

III.1. Compost obtenu

Le compostage des différents tas de MO a duré 72 jours moyennant des arrosages et des retournements selon les besoins ; ceci a abouti à un compost mur caractérisé par :

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

III.2. Evolution de la température

L'étude de l'évolution de la température au cours du processus du compostage montre que la température de départ (la phase mésophile) est très faible ou la température du compost suit la température ambiante qui est étendu aux alentours de 44 jours pour atteindre des températures de 33,6 °C et 34,1°C (figure 1).

Selon, ATTRASSI et *al*, (2005), la température du compost augmente progressivement pendant les 15 premiers jours pour atteindre un maximum de l'ordre de 70°C. MISRA et *al*, (2005) montrent que la température idéale pour la phase initiale de compostage est de 20 à 45°C ce qui été le cas dans notre expérience.

A ce moment commence la phase thermophile qui a duré 21 jours débute ou les températures augmente jusqu'à 62,6 °C et 60,8 °C respectivement pour T1 et T2 (figure 1).

ADEDIRAN (2014), concernant des essais réalisés sur les effets des déchets organiques et les différentes méthodes de compostage, qui sont le compostage en tas et le compostage par aération passive dans des pots de plastiques, et enfin andain, dans les trois expériences les températures sont montée entre 60°C et 66°C

La phase de dégradation (phase mésophile et thermophile) est suivie par une période de ralentissement de l'activité, pendant laquelle la température diminue graduellement on est arrêté à 51,3°C et 53,6 °C respectivement pour T1 et T2 (figure 1.), l'expérience c'est arrêté a ce niveau.

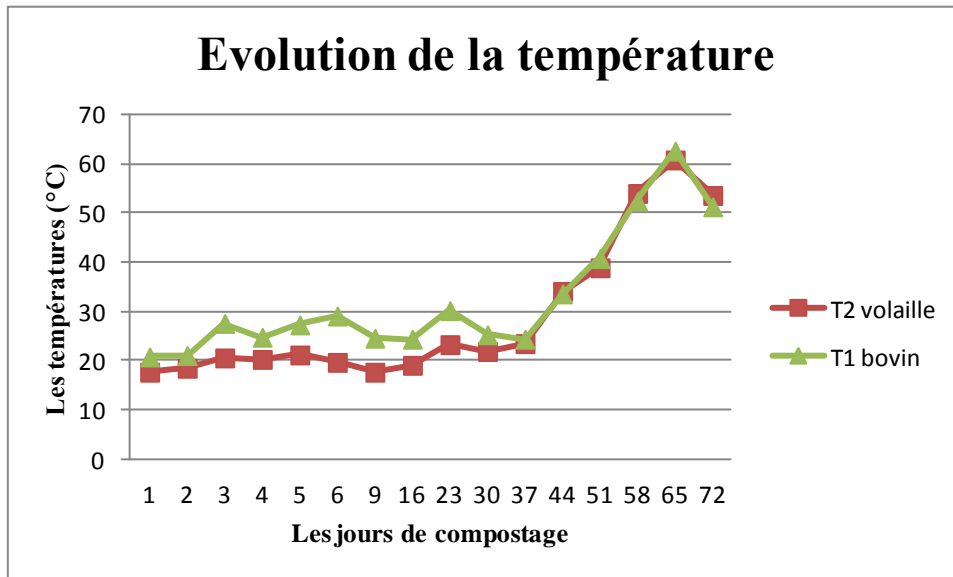


Figure 1 : Evolution de la température au cours du compostage

II.3. Evolution du pH

D'après la courbe de l'évolution du pH au cours du processus du compostage il est à remarquer que le pH dans les milieux étudiés varie au début et à la fin du compostage. Il paraît que tous les deux traitements ont au départ un pH basique situé au tour de 8, puis diminue progressivement où il devient proche de la neutralité 7,1 et 7,3 (figure 2) pour les traitements T1 et T2 (figure 2) respectivement ces valeurs sont proche à celles enregistrée de SGHAIRON (2011), où le pH est de 7,8.

ATTRASSI et AL., (2005) et ADEDIRAN 2014 ont observé des variations du pH au cours du processus de compostage des déchets ménagers, le pH devient légèrement acide puis augmente progressivement pour devenir neutre puis basique (ATTRASSI et AL, 2005). Cependant COMPAORE (2010), montre que le pH, au cours du compostage d'un mélange de déchets solides plus du fumier et de la paille fluctue également mais tend vers la neutralité en fin du compostage.

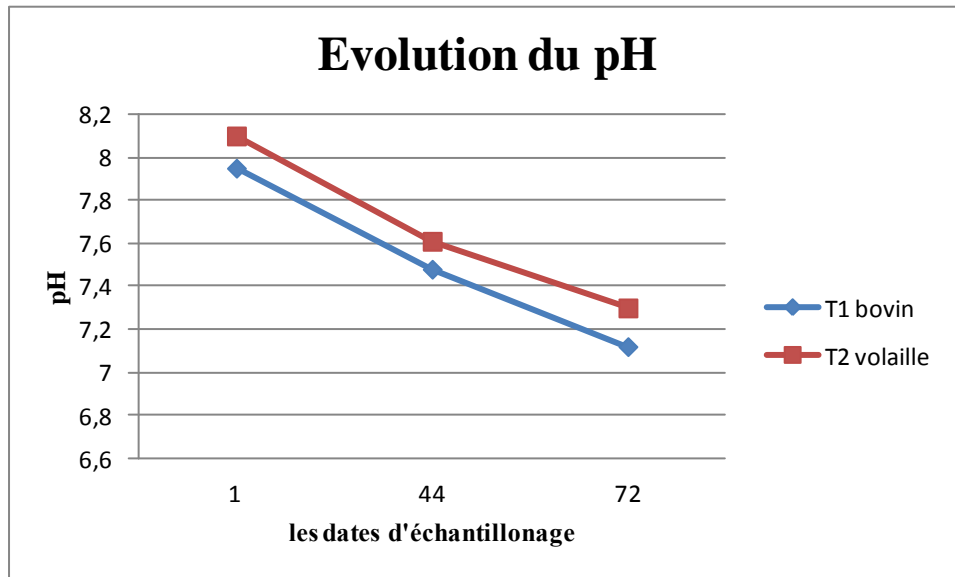


Figure 2 : Evolution du pH pendant le compostage

II.4. Evolution de la conductivité électrique

L'évolution de la conductivité électrique (figure 2), montre que les deux traitements partent d'une valeur de 1.5 dS/m (T2) et 4.9 dS/m (T1) (figure 3). Au cours du processus de compostage la CE augmente pour atteindre des valeurs de 7.4 dS/m et 3,62 dS/m après 12 jours de compostage, une diminution remarquable de la CE qui atteint 6,3 dS/m et 1,4 dS/m (figure 3) les valeurs de la CE du compost bovin est très supérieur au compost de volaille (CE d'eau = 6,1 dS/m), selon CHANG et al., 1991 in PETERS et al., (2003), le fumier peut avoir des hauts niveaux de CE dus aux grandes quantités de sels de minéraux ajouté aux rations alimentaires des animaux., qui peut expliqué la différence remarquable de la CE entre les deux compost. La CE du fumier de bovin est supérieur à celle du fumier de volaille (CHABALIER et al., 2006).

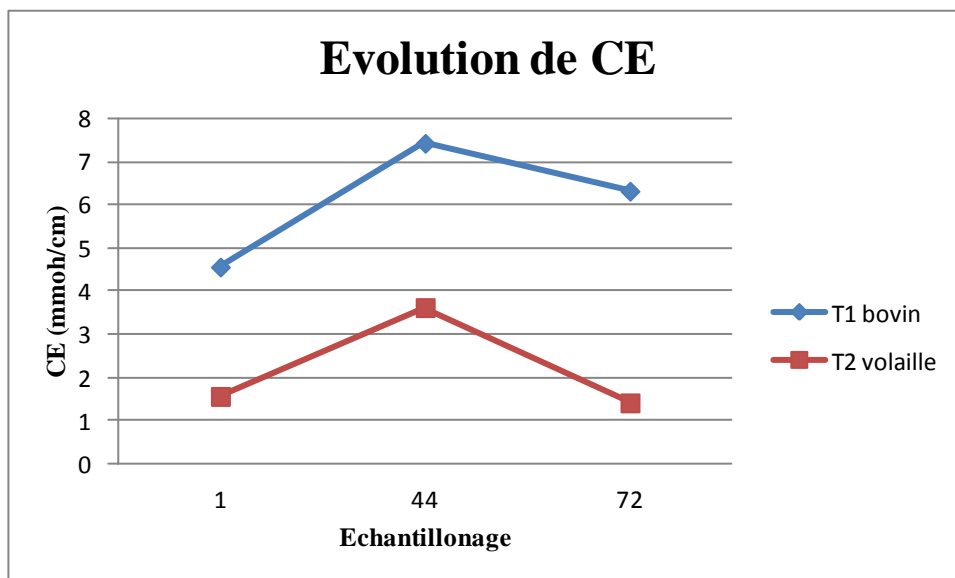


Figure 3 : Evolution de la CE pendant le compostage

II.5. Evolution de l'humidité

Les traitements présentent des taux d'humidité presque similaires, le taux d'humidité été élevée au début du compostage de 53,2% et 41,7% pour les traitements T1 et T2 (figure 4) respectivement puis diminue progressivement suivant l'élévation de la température ambiante, en comparant à la règle générale ou l'humidité doit être comprise entre 50% et 70 % selon SGHAIROUN (2011).

Selon SGHAIROUN 2011 l'humidité du compost des déchets du palmier dattier est de 40,77%.

Ainsi, une teneur en eau trop faible limite le développement microbien, et dans le cas d'une humidité trop élevée, l'eau sature les espaces lacunaires et étouffe les micro-organismes dans le tas du mélange à composter (KULCU et YALDIZ, 2004 in AMIR, 2005).

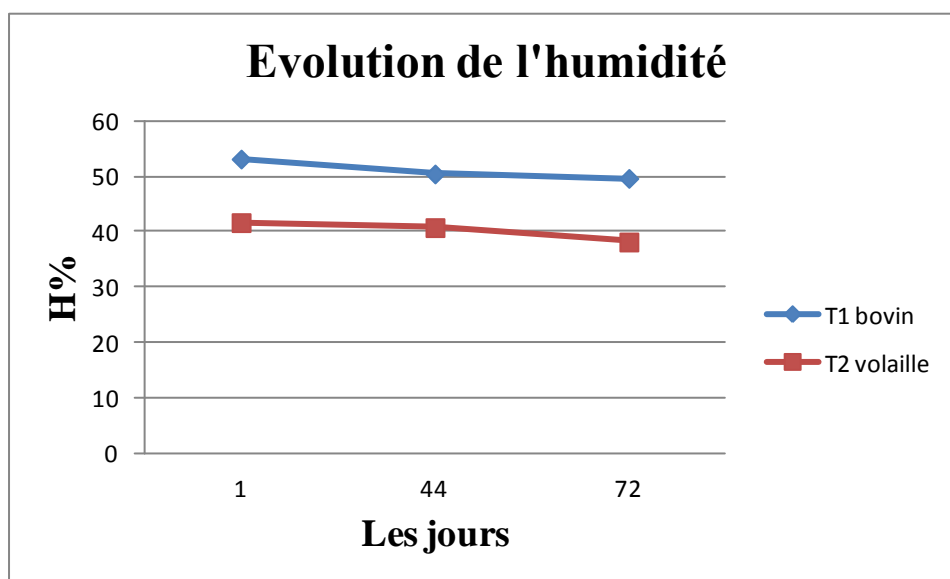


Figure 4 : Evolution de l'humidité pendant le compostage

II.6. Evolution de la matière organique

D'après HOUOT et *al.*, (2009), et ALBRECHE (2007) les teneurs en matière organique et diminuent au cours de la maturation des composts.

Alors que les résultats obtenus dans nos essais montrent le contraire, le taux de la matière organique a augmenté, et il varie d'un milieu à l'autre, et le taux de la matière organique dans le milieu T1 est de 70,67% faible par rapport au milieu T2 qui est de 82% (figure 5) cette augmentation de matière organique peut être expliquée par un mauvais échantillonnage ou des tas ont pas été bien homogénéisés, et la taille des particules son pas très fines, qui a chamboulés les résultats.

Pour SGHAIROUN (2011) le taux de matière organique mesuré à partir du taux de cendre après calcination est de 50%.

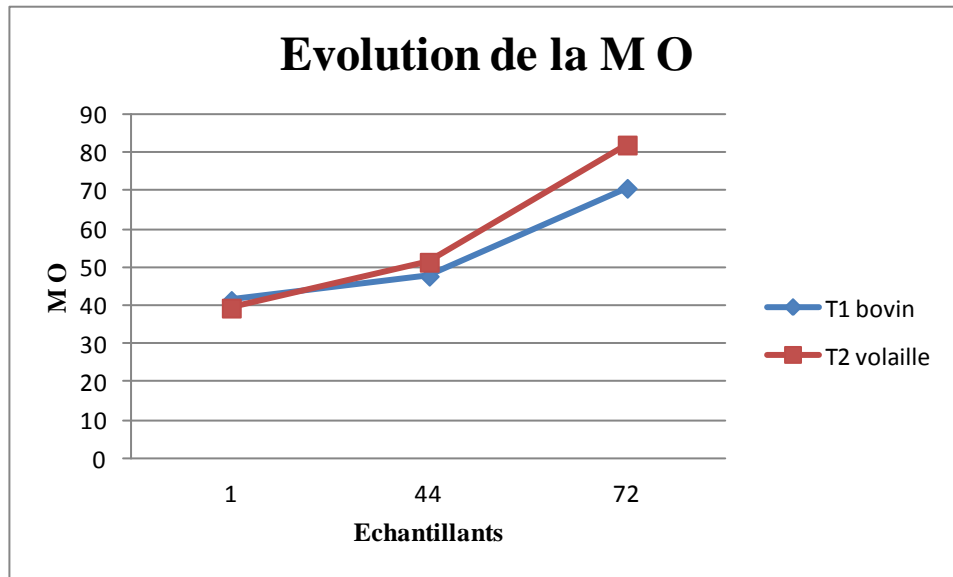


Figure 5 : Evolution de la MO pendant le compostage

II.7. Evolution du carbone totale

Les résultats obtenus dans nos essais montrent que le taux du carbone a augmenté durant le processus du compostage en allant de 24% et 22,8% jusqu'à 41% et 47,7% pour T1 et T2 respectivement (figure 6).

ZHANG et al (2014) ont trouvé les taux du carbone à la fin du compostage situés entre 25,03 % et 48,07% pour des composts de déchets verts.

Pour SGHAÏROUN (2011) le taux du carbone total à la fin du compostage est de 12,75% qui sont très faibles pour les résultats obtenus dans notre expérience.

GIROUX et AUDESSE (2004) ont trouvés le taux du carbone varie d'un milieu à l'autre selon les proportions des mélanges du départ. Le taux le plus faible est de 24%.

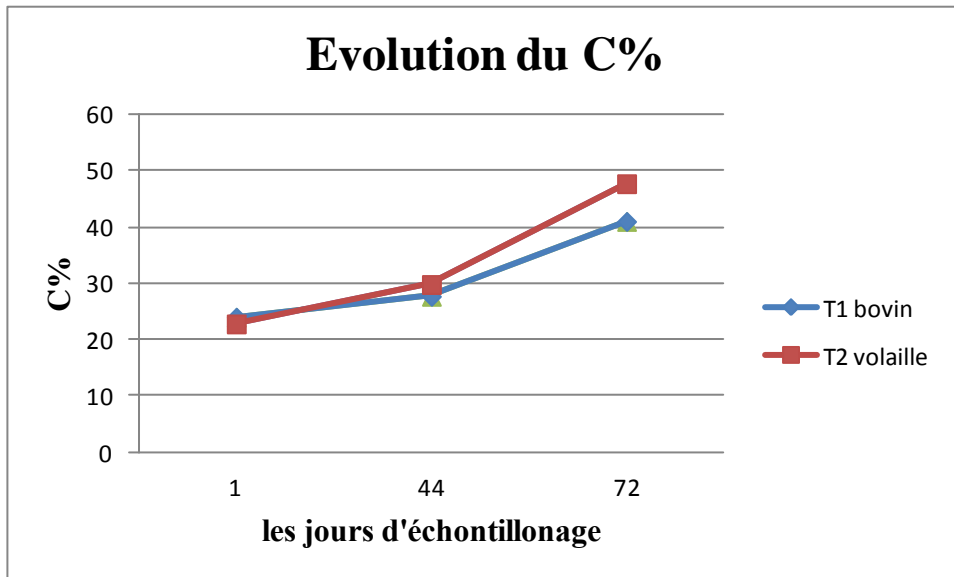


Figure 6 : Evolution du C % pendant le compostage

II.8. Evolution de l'azote total

Les résultats obtenus nous ont permis de conclure que le taux d'azote a augmenté durant le processus de compostage

La courbe d'évolution de l'azote total au cours du processus du compostage (figure 7), montre que les traitements T1 et T2 partent d'un pourcentage d'azote total de 1,4% et 4,2% respectivement, à 4,5% et 10,5% (figure 7).

Pour SGHAIRON (2011) l'azote total à la fin du compostage est de 1.045%.

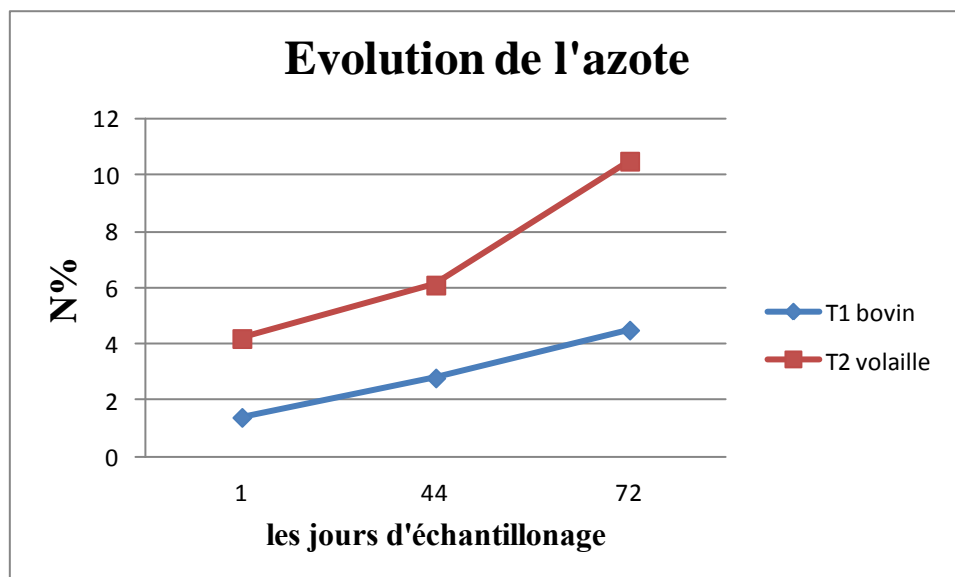


Figure 7 : Evolution du N % pendant le compostage

III.9. Evolution du rapport Carbone/azote(C/N)

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

Les résultats obtenus du compostage ont montré que le rapport C/N diminue au cours du processus de compostage du 17,1 et 5,4 pour T1 et T2 respectivement jusqu'à 9,1 et 4,5 (figure 8).

BOUCHE (1979) affirme qu'une matière organique bien évaluée et stable présente un rapport C/N entre 10 et 13. GUET (2003), affirme, c'est au départ et pour des rapports C/N compris entre 25 et 40 que les micro-organismes se développent le plus vite et l'humification y est activée. Par ailleurs, DEGRYS *et al.*, (1998), affirme qu'après 7 mois de compostage il y a diminution du rapport C/N avec une valeur égale à 14 à la fin du compostage. Toutefois, SGHAIROUN *et al* (2011) ont obtenu lors du compostage un C/N de 12,2

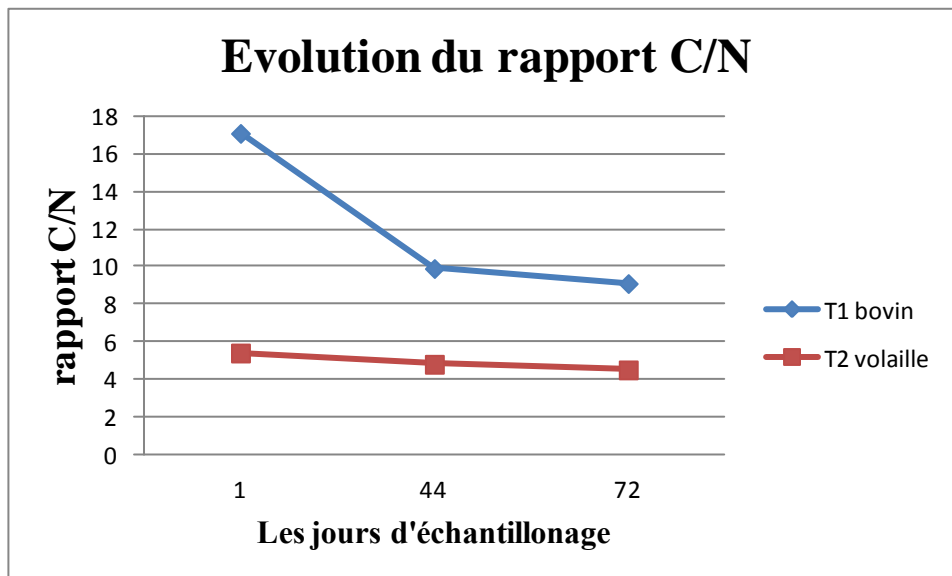


Figure 8 : Evolution du C/N pendant le compostage

Chapitre II : Etude microbiologique

III.10. Biomasse microbienne

Dans ces dernières années les paramètres microbiologiques ont été reconnu des paramètres déterminants de la maturité du compost (AYED *et al.*, 2007; FOURTI *et al.*, 2008)

La mesure de la biomasse microbienne contribue d'une part à évaluer les changements au cours des différentes phases du processus de compostage, et d'autre part c'est un outil pour déterminer la maturité des composts.

La figure 9 montre qu'au cours de la phase mésophile, il y a une augmentation du taux du $C_{\text{microbien}}$ pour le compost de bovin et une diminution du taux de carbone de la biomasse microbienne pour le compost de volaille qui passent, respectivement, de 200 à 354,2 mg/kg de compost sec et de 371,4 à 68,5 mg/kg de compost sec (figure 9).

Par ailleurs, les taux du $C_{\text{microbien}}$ estimés augmentent considérablement au cours de la phase thermophile pour les deux composts, et sont respectivement de l'ordre de 1023,5 et 617,1 mg/kg de compost sec.

Les rapports C/N compris entre 25 et 40 au départ est un indice de développement des micro-organismes, les résultats obtenus aux 44 jours du compostage été inférieur à 20 ce qui explique le faible taux de microorganismes pendant cette période, donc pas de chaleur dans le compost où les températures restent basses. ALBRECHE (2007).

JOERGENSEN (1995) a trouvé du $C_{\text{microbien}}$ est de 764 mg/kg de compost sec, et le taux de la biomasse microbienne du compost et de 281 mg/kg de compost sec JANNOURA *et al* (2013)

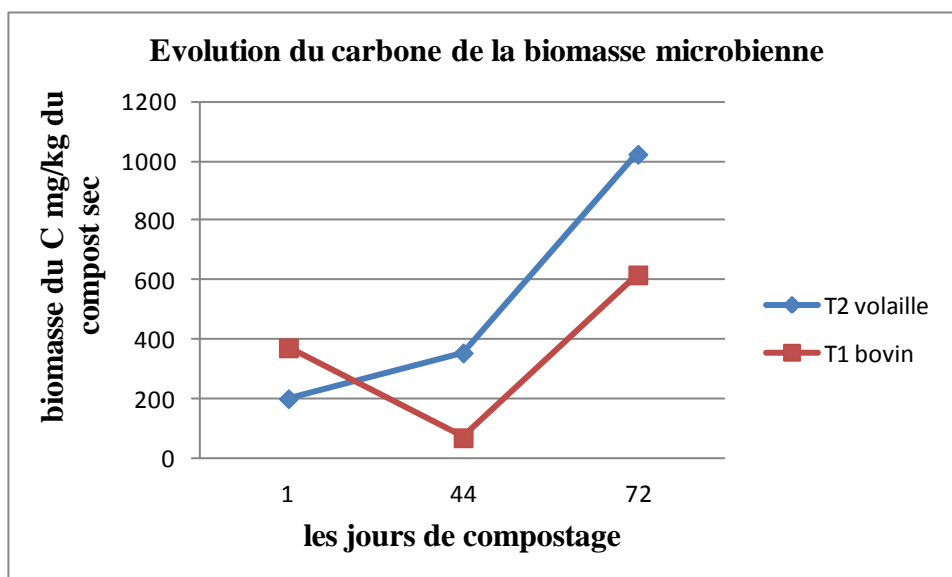


Figure 9 : Evolution du $C_{\text{microbienne}}$ pendant le compostage

III.11. Dénombrement des microorganismes

Trois principaux groupes de micro-organismes ont été dénombrés au cours de l'analyse microbiologique des stades de compostage: actinomycètes, champignons, et bactéries.

Le compostage s'accompagne d'une forte dégradation de la cellulose. La lignine commence à être dégradée dès le début du compostage, montrant l'efficacité de microorganismes mésophiles et thermophiles.

La variation de la microflore mésophile et thermophile pour les deux traitements T1 et T2 en fonction des jours de compostage montre la même allure d'évolution en fonction du temps (figure 10, 11, 12).

III.11.a. bactéries

La variation des bactéries au cours du compostage montre une tendance générale vers une augmentation ou elle est remarquable aux températures élevées, lorsque les températures grimpe au dessus de 20°C, la vitesse de décomposition augmente rapidement (BLAINE, 1993).

Dans notre étude on observe une augmentation du nombre de bactéries de $8,5 \times 10^9$ UFC.g⁻¹ de compost sec à $8,4 \times 10^9$ UFC.g⁻¹ de compost sec pour les traitements T1 et T2 respectivement qui sont les bactéries mésophiles, jusqu'à 54400×10^9 UFC.g⁻¹ de compost sec à 51300×10^9 UFC.g⁻¹ de compost sec (figure 10) abondance des bactéries thermophiles, se multiplient alors rapidement, notamment grâce à la présence de matière organique facilement biodégradable (sucres simples et acides aminés libres). Leurs métabolismes très actifs engendrent une production intense de chaleur et élèvent ainsi la température du compost.

A ce moment, débute la phase thermophile, durant cette phase très active, une importante part de la matière organique est perdue par minéralisation du carbone organique et dégagement de CO₂, et un assèchement du compost lié à l'évaporation de l'eau est souvent observé.

Parce que l'activité microbienne est fortement influencée par la température, on remarque une prolifération des bactéries dans la phase thermophile. Cependant, le taux de décomposition est maximal lorsque la température se situe entre 50°C et 60°C. La température est un facteur sélectif très puissant (ATLAS et BARTHA, 1993).

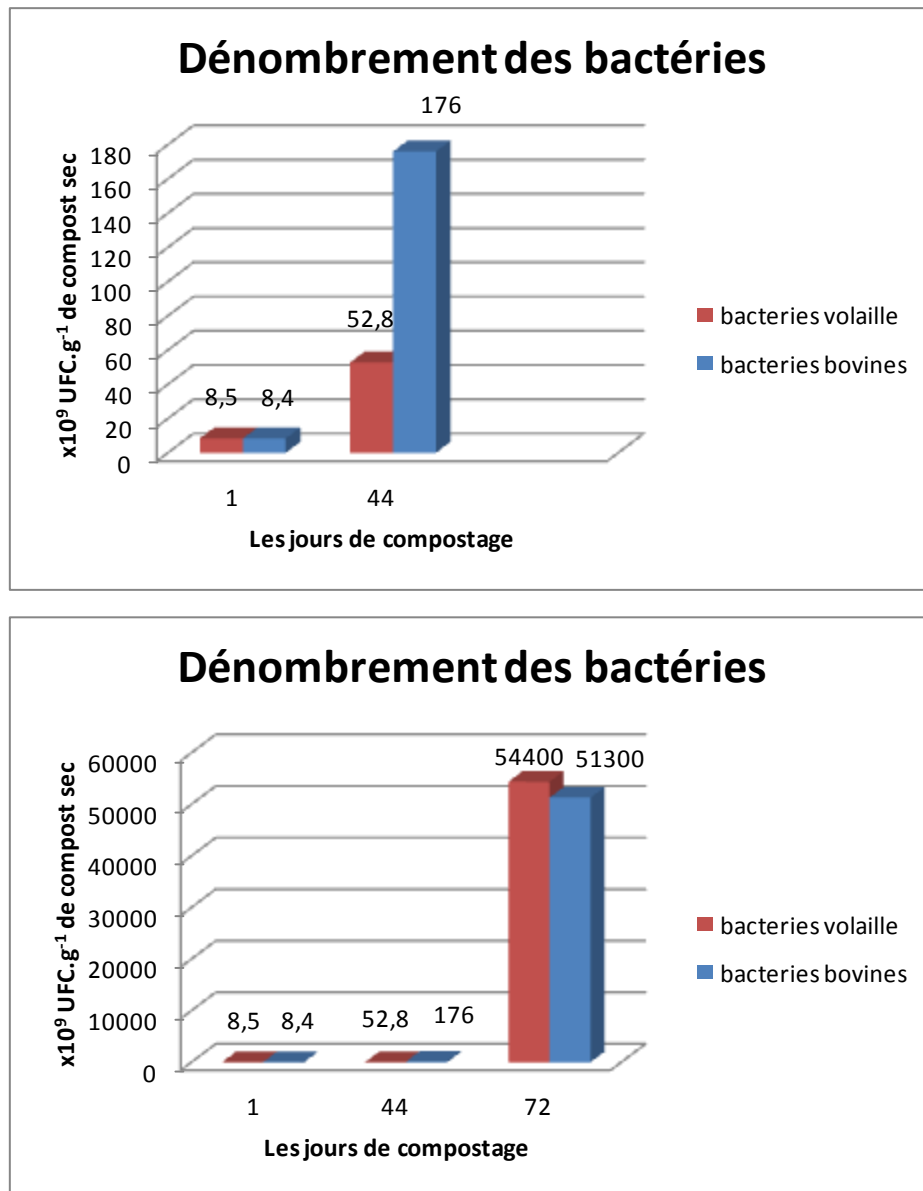


Figure 10 : Evolution des bactéries pendant le compostage

III.11.b.champignons

Dans ce travail, nous avons suivi le développement des populations de champignons dans les composts de volaille et de bovin où nous avons remarqué leur présence. L'échantillonnage a été effectué selon les changements de la température. Les champignons du compost bovin sont au début plus faible que ceux du compost volaille ($5,1 \times 10^9$ UFC.g⁻¹

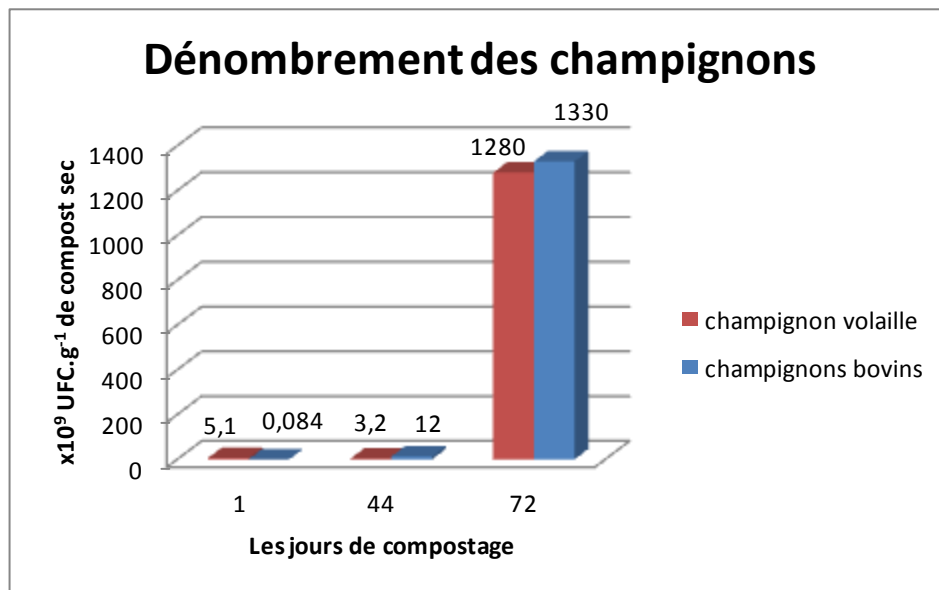
de compost sec et de $0,084 \times 10^9$ UFC.g⁻¹ de compost sec respectivement) après 44 jours de compostage. Les résultats sont comme suit $3,2 \times 10^9$ UFC.g⁻¹ de compost sec et 12×10^9 UFC.g⁻¹ de compost sec où la température est de 34.1°C 33.6°C respectivement pour les deux traitements. À la fin du compostage où la température est de 60.8°C et 62.6°C la quantité de champignons est augmentée jusqu'à 1280×10^9 UFC.g⁻¹ de compost sec et 1330×10^9 UFC.g⁻¹ de compost sec (figure 11).

CHRONI *et al.* (2009) in Al fels (2014), ont identifié des champignons thermophiles qui augmentent avec l'augmentation de la température pendant le premier mois du compostage. STEGER *et al.* (2007), ont montré un développement des champignons à des températures inférieures à 45°C.

La température est l'un des plus importants facteurs affectant la croissance fongique devant les sources de carbone et d'azote et le pH.

La majorité des champignons sont mésophiles et se développent entre 5 et 37°C, avec une température optimale de 25-30°C (DIX & WEBSTER, 1995). Cependant, le processus de compostage, engendrant des élévations de température importantes, octroie une grande importance au petit groupe de champignons thermophiles dans la biodégradation de la matière organique.

Les capacités ligninocellulolytiques de tous les champignons thermophiles ne sont pas déterminées. Cependant, la plupart d'entre eux sont connus pour dégrader la lignine, la cellulose ou les hémicelluloses (TUOMELA *et al.*, 2000) qui constituent les composants essentiel des palmes sèches du palmier dattier.



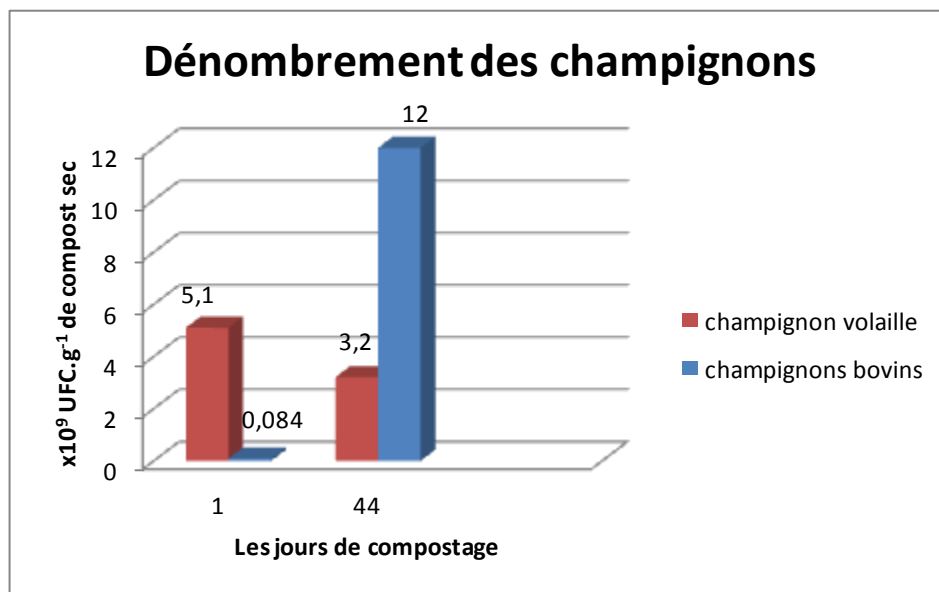


Figure 11 : Evolution du des champignons pendant le compostage

III.11.c. Actinomycètes

Dans cette étude, à partir de deuxième mois de compostage (après 65 jours du compostage), le groupe d'actinomycètes d'actinomycètes représente un pic de l'ordre de $51,2 \times 10^9$ UFC.g⁻¹ de compost sec et $74,1 \times 10^9$ UFC.g⁻¹ de compost sec pour T1 et T2 respectivement par apport au départ qui est de $1,7 \times 10^9$ UFC.g⁻¹ de compost sec et $2,1 \times 10^9$ UFC.g⁻¹ de compost sec (figure 12). On remarque des zones d'inhibition dans quelque boites de pétri (photo : 7).

GOODFELLOW et WILLIAMS (1983), ont raporté que les actinomycètes ont la capacité de se développer tout au long du compostage sous une large gamme de variation de température, avec un optimum entre 25-30°C pour les souches mésophiles, et 45-55°C pour les thermophiles.

Cette intense activité des actinomycètes, peut expliquer l'augmentation de ces microorganismes pendant le processus de compostage à base de déchet de palmier, spécifiquement durant la phase de maturation.

PEREZ et al., (2002); NAKASAKI et al., (2009), ont montré que les actinomycètes thermophiles (*Thermobifida fusca*) produisent une enzyme active pour dégrader les composés ligno-cellulosiques.

Les actinomycètes ne sont pas prédominants dans le compost, mais présente un rôle important dans le processus du compostage et contribuent largement à la dégradation des molécules complexes et en particulier les récalcitrants lignocellulosiques, par leur capacité de produire des antibiotiques et des enzymes.

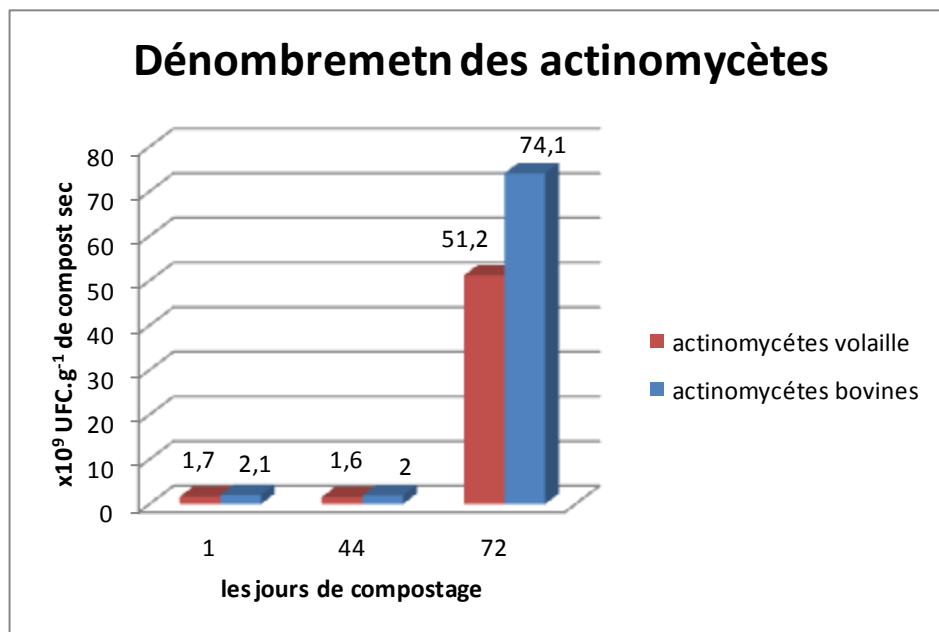
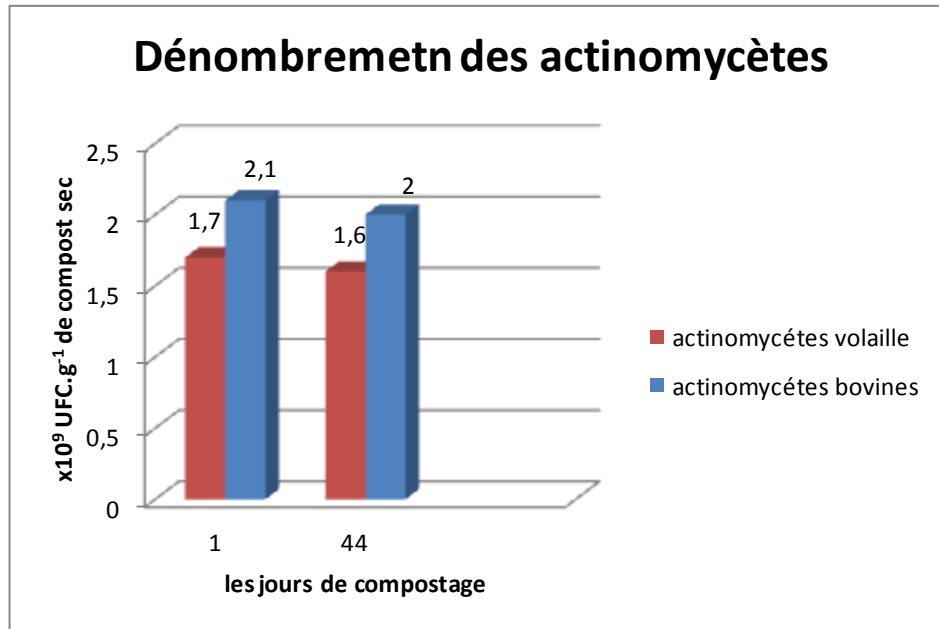


Figure 12 : Evolution des actinomycètes pendant le compostage

Dans ce compostage on observe l'influence de la température sur le développement des microorganismes, on observe une augmentation de la microflore microbienne parallèlement à la température qui est un facteur sélectif des microorganismes. Dans la phase mésophile, il y a absorption des molécules simples (sucres simples, acides aminés, alcools...) et transformation d'une partie des polymères (protéines, pectines, hémicellulose, cellulose...), ainsi l'évolution de la MO (résultante de l'évolution du C %) à la même allure que l'évolution de la microflore, et une diminution du rapport C/N.

Le pH est proche de la neutralité, cela signifie un optimum de croissance des bactéries et des champignons (MUSTIN 1987), les nutriments du compost et la qualité de l'eau d'arrosage du compost influent sur sa CE. Le pic de la microflore est dû à une forte humidité et un rapport C/N bas.

Les actinomycètes présentent une biomasse inférieure à celle des bactéries et des champignons parce qu'elles sont peu compétitives.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Cette étude nous a permis de caractériser la dynamique des populations microbiennes (bactéries, champignons, actinomycètes) et le changement des paramètres physico-chimiques sur le déroulement du processus de compostage. Le compost est constitué essentiellement de palmes sèches avec la fiente de volaille et le fumier bovin.

Les résultats que nous avons obtenus montrent que la température du compost suit la température ambiante durant les 44 jours du compostage puis elle augmente jusqu'à 62,6 °C le compost bovin et 60,8 °C dans le compost de volaille. Le pH tend vers la neutralité (7,1 et 7,3 pour les traitements T1 et T2 respectivement) à la fin du processus de compostage. Par ailleurs l'humidité du milieu (%H) a diminué à cause de la forte évapotranspiration de la région et les températures élevées. Cette humidité atteint 49,7% et 38,2% pour les deux traitements T1 et T2.

En parallèle, on remarque une augmentation du taux de la MO à la fin du compostage qui est de 70,67 % pour le compost bovin et de 82 % pour le compost de volaille.

Le rapport C/N est de 9,1 et 4,5 pour T1 et T2 qui indique un taux de minéralisation de la MO très important.

Le concept de l'évaluation de la biomasse microbienne considère les microorganismes comme une seule et l'unique entité, la biomasse microbienne augmente considérablement au cours du processus de compostage avec l'évolution de la matière organique et la biodisponibilité des nutriments.

Le compostage a montré que le nombre des microorganismes augmentent selon l'augmentation de la température et les conditions physico-chimiques. Les trois types de populations étudiées sont en faible concentration à la phase mésophile puis elles se multiplient dans la phase thermophile. Les champignons et les actinomycètes sont plus nombreux dans le compost bovin que le compost volaille, au contraire des bactéries qui sont nombreux dans le compost volaille que dans le compost de volaille.

La technique de fabrication du compost reste à perfectionner. En effet, des études doivent être menées pour déterminer :

- les quantités à utiliser pour sa fabrication,
- la méthode la plus appropriée (aérobie ou anaérobie),
- le suivi régulier jusqu'à l'utilisation par les agriculteurs,
- la détermination des groupements microbiens dominants dans les composts à base des déchets du palmier dattier.

Il est recommandé, également, de réaliser des stations de compostage pour un suivi technique afin d'avoir un compost de bonne qualité, de faire un essai agronomique au champ qui devrait être réalisé en utilisant les deux composts sur les différentes cultures pour déterminer la valeur agronomique des composts, et enfin réaliser une étude économique pour valoriser ces sous produits du palmier dattier.

Annexes

Annexe 1

Milieux de culture

A-Milieu pour les bactéries telluriques : Gélose nutritive à l'extrait de terre (JOFFIN et al, 2006).

- Extrait de viande ----- 01g
- Extrait de levure ----- 02g
- Chlorure de sodium (Na Cl) ----- 05g
- Peptone ----- 10g
- Agar-agar ----- 15g
- Extrait de terre ----- 100 ml

Dissoudre les constituants dans un litre d'eau distillée, puis l'autoclaver à 121°C pendant 15 minutes. Ajuster le pH à 7.

Préparation de l'extrait de terre

L'extrait de terre est à base d'un sol assez riche (type terre de jardin) de pH neutre ou légèrement alcalin et, autant que possible, employer toujours la même terre.

Mélanger à poids égal terre et eau du robinet (si elle n'est pas exagérément chlorée), ou mieux eau de source ou de puits.

Laisser macérer 24h à la température du laboratoire. Porter à l'autoclave 1h à 130°C, laisser décanter et filtrer à chaud sur papier.

Vérifier le pH qui doit être voisin de la neutralité. Répartir en récipients (flacons) bouchés au coton, stériliser 20 minutes à 112°C.

B- Milieu pour les Actinomycètes : KRAINSKY (JOFFIN et al, 2006).

- Glucose ----- 0.1g
- Asparagine ----- 0.5g
- Phosphate Bipotassique (PO₄HK₂) ----- 0.5g
- Gélose ----- 15g

- Eau distillée 1000ml

Ajusté à un pH = 7

C-Milieu pour les champignons : P.D.A (JOFFIN et al, 2006).

- Extrait de pomme de terre 4 g
 ➤ Glucose 20 g
 ➤ Agar –agar 15 g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 5,6 ± 0,2

4 g d'extrait de pomme de terre correspond à 200 g de d'infusion de pomme de terre.

Annexe 2

Détermination du C_{microbien} et du N_{microbien} par la méthode fumigation - extraction

1- Fumigation

Placer 50g de sol humide de chaque échantillon avec un bécher contenant 75ml de chloroforme pure dans un dessiccateur sus vide pendant 24h à l'obscurité.

À l'issu de la fumigation, retiré le bécher contenant le chloroforme et le papier filtre de dessiccateur. Eliminer les vapeurs de chloroforme du sol par mise sous vide répétée du dessiccateur (6 fois de 02 min chacune). Les échantillons sont prêts pour l'extraction.

2- Extraction

Pour extraire le carbone, transférer quantitativement le sol dans des flacons ajouter 200ml de sulfate de potassium, agiter les flacons à l'aide d'un agitateur horizontal à 200tr/min pendant 30 min ou à l'aide d'un agitateur rotatif à 60tr/min pendant 45 min, puis filtre les extraits sur un papier filtre plié, extraire les témoins non fumigés et les filtrer de la même manière.

Si l'analyse n'est pas immédiate, conserver les extraits d'échantillons de sol fumigés et non fumigés au congélateur. Homogénéiser les extraits congelés avant utilisation, après décongélation à température ambiante.

Mesurer le taux d'azote et carbone à partir de l'extrait fumigé puis calculer la biomasse microbienne en suivant ces formules :

- Biomasse à partir du carbone = (le taux de carbone organique extrait d'un sol fumigé – le taux de carbone organique extrait d'un sol non fumigé) / K (K=0,38).
- Biomasse à partir de l'azote = (le taux d'azote extrait d'un sol fumigé – le taux d'azote organique extrait d'un sol non fumigé) / K (K=0,54) (BERNARDA *et al.*, 2012).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ADEDIRAN J. A., TAIWO L. B., SOBULO R. A. 2003-** Effect of Organic Wastes and Method of Composting on Compost Maturity, Nutrient Composition of Compost and Yields of Two Vegetable Crops. *Journal of Sustainable Agriculture*, Vol. 22(4).
- AMIR. S., 2005-** Contribution a la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de Toulouse. 341p.
- ANDERSON T.H., JOERGENSEN R.G., 1997-** Relationship between SIR and FE estimates of microbial biomass C in deciduous forest soils at different pH. *Soil Biology Biochemistry*, 29, 1033–1042.
- ATTRASSI. B, KRIMOU.D et MRABET. L., 2007-** Etude de la valorisation agronomique des composts des déchets ménagers, *Revue de Microbiologie Industrielle Sanitaire et Environnementale*. N°1, p : 23-30.
- BAYARD. R, GOURDON.R., 2007-** Traitement biologique des déchets. Edition: *Techniques de l'ingénieur*. P 1-23.
- BEN AYED L., HASSEN A., JEDIDI N., SAIDI N., BOUZAIANE O., MURANO F., 2005-** Caractérisation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours d'un cycle de compostage d'ordures ménagères. *Déchets - revue francophone d'écologie industrielle - n° 40*.
- BERNARDA E., LARKIN P., TAVANTZISA S., ERICHC S, ALYOKHINA A., SEWELLA G., LANNANC A., GROSSA S., 2012-** Compost, rapeseed rotation, and biocontrol agents significantly impact soil microbial communities in organic and conventional potato production systems. *Applied Soil Ecology* 52 (2012) 29– 41.
- BOUCHE.M.B., 1983-** The establishment of earthworm communities. In J.E. Satchell. Edition *Earthworm ecology from Darwin to vermiculture*. Chapman and Hall London. p431- 448.
- BOUGUEDOURA N., BENNACEUR M., BABAHANI S., BENZIOUCHE S., 2015-** Date Palm Status and Perspective in Algeria. *Africa and the Americas*, Vol. 1: 125-167.

- BOUZAIANE O., HASSEN A., JEDIDI N., 2002-** Détermination de la biomasse C et N par la méthode de Fumigation-Extraction dans un sol amende de résidus organiques. Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management. 2002, Tunis, p.406-416.
- COMPAORE. E, L. NANEMA. S., 2010-** Compostage et qualité du compost de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. Revue TROPICULTURA, 28, 4, 232-237.
- COUPLAN. F, MARMY.F., 2009-** Jardinez au naturel : jardin bio facile. Edition : Sang de la terre et groupe Eyrolles. 314 p.
- DADDI BOUHOUNE M., 2010 -** Contribution a l'étude de l'impact de lanappe phreatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (sud est algerien) Thèse de doctorat. p 1 et 52.
- DE GRYSSE. S., TAAMALLAH. H., HARTMANN. R., 1998-** Le compost à base de *Posidonia oceanica* enrichie de margine : une nouvelle source d'amendement organique en zones arides tunisiennes.
- DUPRIEZ. N, LEENER. P., 1987-** Jardin et verger d'Afrique. Edition, Terre et vie, Belgique. p 354.
- EI FELS L., 2014-** suivi physico-chimique, microbiologique et écotoxicologique du compostage de boues de STEP mélanges a des déchets de palmier: validation de nouveaux indices de maturité. Thèse de doctorat. p 158-168.
- EL-NAGERABIA. S.A.F., ELSHAFIEB A.E., H.S. ALRAWAHIB., 2013-** Physicochemical and Microbial Characteristics of Locally Processed Green Waste Composts. *Compost Science & Utilization*, (2012), Vol. 20, No. 2, 120-127.
- FAN J., DINGA W., XIANG J., QIN S., ZHANG J., ZIADI N., 2014-** Carbon sequestration in an intensively cultivated sandy loam soil in the North China Plain as affected by compost and inorganic fertilizer application. *Geoderma* 22–28.
- GIROUX. M., AUDESSE. P., 2004-** Comparaison de deux méthodes de détermination des teneurs en carbone organique, en azote total et du rapport C/N de divers amendements organiques et engrais de ferme. *Agrosol, production animale*. P107-110. www.irida.qc.ca.
- GOODFELLOW M., WILLIAMS S.T., 1983-** Ecology of actinomycetes. *Annual Review of Microbiology*, 37, 189-216.

- GUEYE. F, CANRY. F, TRUONG. S., 1986-** Elaboration d'un compost enrichi en phosphate par le phosphate naturel : étude agronomique. SEMINAIRE SUR « l'amélioration biologique de la fertilité du sol » Mars 1986 à DAKAR.
- HOUOT. S., FRANCOU. C., VERGE-LEVIEL. C., MICHELIN. J., BOURGEOIS. S., LINERES. M., MOREL. P., PARNAUDEAU. V., LE BISSONNAIS Y., DIGNAC. M., DUMAT. C., CHEIAB. A., POITRENAUD. M., 2009-** Valeur agronomique et impacts environnementaux de composts d'origine urbaine : variation avec la nature du compost. Dossier de l'environnement de l'INRA n°25.
- HUMEAU.PH, LE CLOIREC. P., 2010-** Emissions gazeuses et traitement de l'air en compostage. Edition. Techniques Ingénieur.
- JOFFIN J., LEYRAL G., 2006-**Microbiologie technique- Tome 1. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. 220
- LECLERC. P., 1997-** Caractérisation microbiologique des composts à base de résidus chitineux. Canada, p 9-18.
- M'SADAK Y., ELOUAER M., EL KAMEL R., 2013-** Evaluation du comportement chimique des composts sylvicoles, des tamisats et des mélanges pour la conception des substrats de culture. Revue « Nature & Technologie ». C- Sciences de l'Environnement, n 08. Pages 54 à 60.
- MISRA. RV, ROY. RN, HIRAOKA. H., 2005-** Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. Documents de travail sur les terres et les eaux. Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture, Rome.
- MUSTIN, M. 1987-** Le Compost, Gestion de la Matière Organique, F. Dubusc eds, pp. Paris.
- ROLETTO E., BARBERIS R., CONSIGLIO M., JODICE R., 1985-** Chemical parameters for evaluating compost maturity. BioCycle, 26, 46-47. Principes de compostage
- SGHAIROUN M, FERCHICHI A., 2011-** Composting Heap Palm Tree's Products in Southern Tunisia. Journal of Environmental Science and Engineering, 5 :886-889.
- SINGH S, NAIN L., 2014-** Proc Indian Natn Sci Acad 80 No. Sec : 473-481.
- SMEESTER. E., 1993-** Le compostage domestique : comment transformer vos déchets organiques en mine d'or pour le jardin. Ed : Versicolores INC, bibliothèque nationale du Québec. 44p.
- ZAÏD A., 2002-** Date palm cultivation. FAO Plant Production and Protection Paper 156 Rev.

ZNAÏDI I., 2002- Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes. Master of science degree mediterranien organic agriculture.

Abdelaziz S., Bouaziz A., Hamzaoui R., Bennabi A. 2013- 31èmes Rencontres de l'AUGC, E.N.S. Cachan.

ملخص:

الكومبوست هو أحد الحلول لتثمين مخلفات النخيل (السعف الجاف)، تحلل الكائنات الدقيقة 95% من المواد العضوية في الكومبوست ، من هنا تبرز أهمية دراسة تطور خلال الكائنات المهجرية أثناء تحلل الكومبوست. تعد درجة الحرارة عامل انتقائي للكائنات المهجرية ، تزايد درجة الحرارة يتبع بتزايد في المادة العضوية وانخفاض في نسبة الكربون/الأزوت، درجة الحموضة القروية هن الإعتدال تمثل النمو الأمثل للبكتيريا والفطريات، الفطريات الشعاعية أقل تنافسا مقارنة على المنافسة من خلال المساهمة بالكائنات المهجرية الأخرى. إجراء أبحاث إضافية لدراسة الكائنات المهجرية في الكومبوست وآلية عملها في تحلل المادة العضوية.

الكلمات المفتاحية: الكومبوست ، الكائنات المهجرية ، المادة العضوية ، مخلفات ، النخيل .

Résumé:

Le compostage est l'une des solutions de valorisation des déchets du palmier dattier (palmes sèches). Les microorganismes dégradent 95% de la matière organique du compost, d'où il est nécessaire d'étudier leur développement pendant le compostage. La température est un facteur sélectif des microorganismes, l'augmentation de la température est suivie par une augmentation de la MO et une diminution du rapport C/N, le pH proche de la neutralité est l'optimum de la croissance des bactéries et des champignons. Les actinomycètes sont peu compétitifs par rapport aux autres microorganismes. Des travaux de recherche supplémentaires sont nécessaires pour une étude des microorganismes du compost et leur mécanisme d'action dans la dégradation de la MO.

Mots clés: compost, microorganisme, MO, déchets, palmier dattier.

Abstract:

Composting is one of the waste recovery solutions of the date palm, microorganisms degrade 95% of the organic matter in the compost, where it is necessary to study their development during composting. Temperature is a selective factor for microorganisms, increasing the temperature and followed by an increase in the MO and decreased C / N ratio, the pH close to neutral is the optimum growth of bacteria and fungi, actinomycetes are uncompetitive by contribution to other microorganisms. Additional research is necessary for a study of compost microorganisms and their mechanism of action in the degradation of OM.

Key words: compost, microbial biomass, MO, waste, date palm

