



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



Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomie

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Filière : Agronomie

Spécialité : Production Végétale

THEME

**Contribution à l'étude de préparation d'un
composte à base de fumier et de débris des
végétaux dans la région d'El-Oued**

Présenté Par:

Mr. BEDDADA Abdelhamid

Mr. REMHA Seif Eddine

Devant le jury composé de :

Président: Mr. GASMI Yacine	M.A.A.	Université d'El Oued
Examineur : Mr. MEHDA Ismail	M.A.A.	Université d'El Oued
Promoteur : Mr. ZAATER Abdelmalek	M.A.A.	Université d'El Oued

Année universitaire 2019/2020

DEDICACE

A une Algérie stable et prospère

A mes très chers parents en

témoignage de l'amour, du respect et de ma profonde et éternelle

gratitude que je leurs porte en ma reconnaissance par leurs

soutiens, je ne les remercierai jamais assez, pour tout ce qu'ils

m'ont fait.

A ma chère femme qui réveille l'esprit de la recherche

A mon très cher mes frères et mes sœurs qui m'a donnés l'aide et le

courage à surmonter les situations pénibles.

A mes amis Imad, Abdelkader, Abdelhamid et

Laid et Boubaker.

A tous mes collègues de travail à CCLS EL-Oued

de l'agent à monsieur le directeur.

Abdelhamid

Dédicace

Je dédie ce travail à:

- ✓ Mes chers parents qui ont peiné pour mon éducation, mes études et à mon bien être. Que dieu ALLAH les bénissent,
- ✓ Mon frère et mes sœurs,
- ✓ Toute ma famille,
- ✓ A ma chère femme qui réveille l'esprit de la recherche,
- ✓ Et tous mes fidèles amis

Notre dédicace va également à ceux qui ont participer de près ou de loin à l'aboutissements de nos efforts.

SEIF EDDINE

REMERCIEMENTS

Mes remerciements les plus vifs s'adressent à mon promoteur Mr. ZAATER abdelmalek, qui m'ont accordé l'honneur de diriger ce travail, leur précieuse aide, leurs conseils et leurs patiences.

Monsieur ALALI, Enseignant d'université Echahid Hamma Lakhdar D'el-Oued, pour leurs aides et pour leurs conseils et orientations vers le succès.

Mes remerciements à tous les enseignants au département des sciences agronomiques à l'Université de Echahid Hamma Lakhdar D'el-Oued et tous les personnes qui sont pour la service de la recherche scientifique en Algérie.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragées au cours de la réalisation de ce mémoire.

SOMMIARE

Dédicace	
Remerciement	
Sommaire	
Liste des Tableaux	
Liste des Figures	
Liste d'Abréviation	
Introduction	1
Partie Bibliographique I	
CHAPITRE 01: Généralités Sur le Compost	
I.1. Compostage	5
I.1.1. Définitions	5
I.1.2. Historique de compostage	5
I.1.3. Méthodes et techniques de compostage	6
I.1.4. Etapes du compostage	7
I.1.4.1. Réception	8
I.1.4.2. Broyage	8
I.1.4.3. Fermentation	8
I.1.4.4. La maturation	9
I.1.5. Organismes vivantes de compostage	10
I.1.5.1. Micro-organismes	10
I.1.5.2. Macro-organismes	11
I.1.6. Paramètres de compostage	11
I.1.6.1. Aération	12
I.1.6.2. Température	12
I.1.6.3. Humidité	12
I.1.6.4. pH	13
I.1.6.5. Rapport C/N	13
I.1.6.6. Conductivité électrique (C.E)	14
I.1.6.7. Granulométrie	14
I.1.6.8. Caractéristiques de compost mature	14

I.1.7. Phases du processus de compostage	14
I.1.7.1. Stade de dégradation	15
I.1.7.2. Stade de maturation	16
I.1.8. Avantages de compostage	16
I.1.9. Méthodes d'accélération du compostage	18
I.1.9.1. Solution de ME (accélérateur)	18
I.1.9.2. Utilisation de la chaux	19
I.1.9.3. Purins végétaux	19
I.1.9.4. Les urines	19
Partie Pratique II	
Chapitre 01: Méthode et Méthodes	
II.1. Matériels et méthodes	22
II.1.1. Présentation de la station d'étude (Domaine Dhaouia)	22
II.1.2. Situation Climatique	24
II.1.3. Substrats utilisés pour le compostage	24
II.1.4. Déroulement de compostage	26
II.1.5. Les paramètres d'évaluations de composte	29
II.1.5.1. Observation et mesure sur site	29
II.1.5.2. Observations visuelles	29
II.1.5.3. Tests de températures	30
II.1.5.4. Tests d'humidité	30
II.1.6. Les analyse effectuer sur le composte	30
II.1.6.1. Mesure du pH (Electrochimie)	30
II.1.6.2. Détermination de la conductivité électrique spécifique	30
II.1.6.3. Test de levée	31
II.1.6.4. Les programmes d'analyse	31
Chapitre 02: Résultat et Discussion	
II.2. Résultats et discussions	32
II.2.1. Composition du substrat composté	32
II.2.2. Aspect du substrat composté	32

II.2.2.1. Aspect visuel	32
II.2.2.2. Aspects physiques	34
II.2.2.3. Aspects biologiques	41
CONCLUSION	44
Rreferences bibliographiques	47
Annex	

Lise des tableaux

N°	Titre	Page
01	Composition volumique des tas étudiés	26
02	Indice visuel de maturation des composts	29
03	Croissance aérienne et racinaire de <i>Hordeum vulgare</i> dans les pots	41

Liste des figure

N°	Titre	Page
01	Plan général de domaine d'Dhaouia (Direction d'Dhaouia, 2008 Modifié)	23
02	Déchets urbain d'origine végétale et Animale	25
03	les couches stratifié du compost	27
04	Retournement du compost	28
05	bâche couvrir les tas	29
06	Test de température	30
07	Schéma illustrant le niveau de mesure de la température avec le thermomètre à sonde	30
08	Appareil "Multimètre WTW"	31
09	Evaluation de l'indice de maturité du compost	33
10	Evolution de la température au cours du processus du compostage	36
11	Evolution de la pH au cours du processus du compostage	38
12	Evolution de la CE au cours du processus du compostage	40
13	Indice de Germination (IG)	41

Liste d'Abréviation

CE : conductivité électrique ;

mS/cm: milli-Siemens par Centimètre;

pH: potentiel hydrogène ;

C/N: carbone/azote;

U.T.P.A : unité de transformation des produits agricoles;

F.V.: fumier de volailles;

P.S.: paille sèche;

M.C.: marc de café;

D.U.V.: déchets urbains d'origine végétale;

R.P.D.: résidus de palmier dattier;

Q.E.R.: quantité d'eau à chaque retournement;

EM-1: Microorganismes Efficaces avec des bactéries acido-lactiques;

IG: Indice de Germination

Introduction

Le monde moderne produit des quantités énormes de déchets solides parmi lesquels les déchets d'origine industrielle et agricole, ainsi que les déchets domestiques. Les déchets agricoles et les ordures ménagères sont essentiellement constitués de matières organiques et sont donc biodégradables (MONATERI, 1999).

Les régions sahariennes généralement se caractérisent par un bilan organique déficitaire, et aggravé d'autre part par la dominance du sable, qui induit une forte demande de matière organique. En fait, le sable provoque un couvert physique de la matière organique ce qui favorise sa forte oxydation et augmentant son accessibilité aux agents physiques de dégradation au dommage des agents biologiques (BADIANE *et al.*, 2001; DUCHAUFOUR, 1977; gregorich *et al.*, 2006 ; ZAATER *et al.*, 2018)

Le compostage est un processus de décomposition biologique contrôlée de la matière organique dans un milieu aérobie (MICHAUD, 2007). Le compostage représente la meilleure voie d'élimination des déchets biodégradables, il est une technique de stabilisation et du traitement des déchets organiques (Mustin, 1987). De plus, le compost est naturel et efficace de rendre à la terre sa fertilité (GOUBA, 2017).

Depuis les années 2000, la région de Souf (El Oued) a connu un impressionnant développement agricole. Cette dynamique agricole est liée au développement de cultures maraîchères de pleins champs, pomme de terre, tomate...etc. L'amendement organique se fait par l'ajout de fumiers fraîches et d'état sanitaire inconnu, qu'il peut être responsable d'une diminution de la productivité agricole des sols (par l'immobilisation momentanée de l'azote minéral par les microorganismes responsables de la dégradation de la matière organique dans la mesure où le rapport C/N est élevé). Il comporte également des risques de propagation de certaines maladies cryptogamiques, de certains rongeurs, et des risques de contamination importante par les graines de mauvaises herbes. En outre, ces déchets frais ont été en contact avec diverses matières et peuvent être contaminés par les métaux lourds. D'un point de vue hygiénique, ils créent de menaces de propager des maladies pouvant s'introduire dans la chaîne alimentaire (CULOT *et al.*, 1999; MUZINGU, 2010 *in* UKONDALEMBA, 2016).

De plus, le compostage permet l'obtention d'un amendement organique indispensable au sol, le compost dans ce cas-là on peut dire que le compost et le compostage est la solution plus adéquate pour assurer un amendement de bon qualité et sain (SAEBO & FERRINI, 2006 *in* ALBRECHT, 2007).

Notre recherche est basée sur l'utilisation des déchets organiques d'origine animale et végétale pour minimiser leurs risques environnementaux liés à la gestion des déchets par la diminution de ces volumes et par la destruction des organismes pathogènes dans la région d'El oued. d'autre part, le compost lié avec le concept de l'agriculture biologique et l'agriculture durable que le monde moderne l'encourage, ce travail est l'une des solutions parmi d'autres pouvant traiter un aspect de l'environnement urbain et la propreté.

Ce mémoire comprend deux parties:

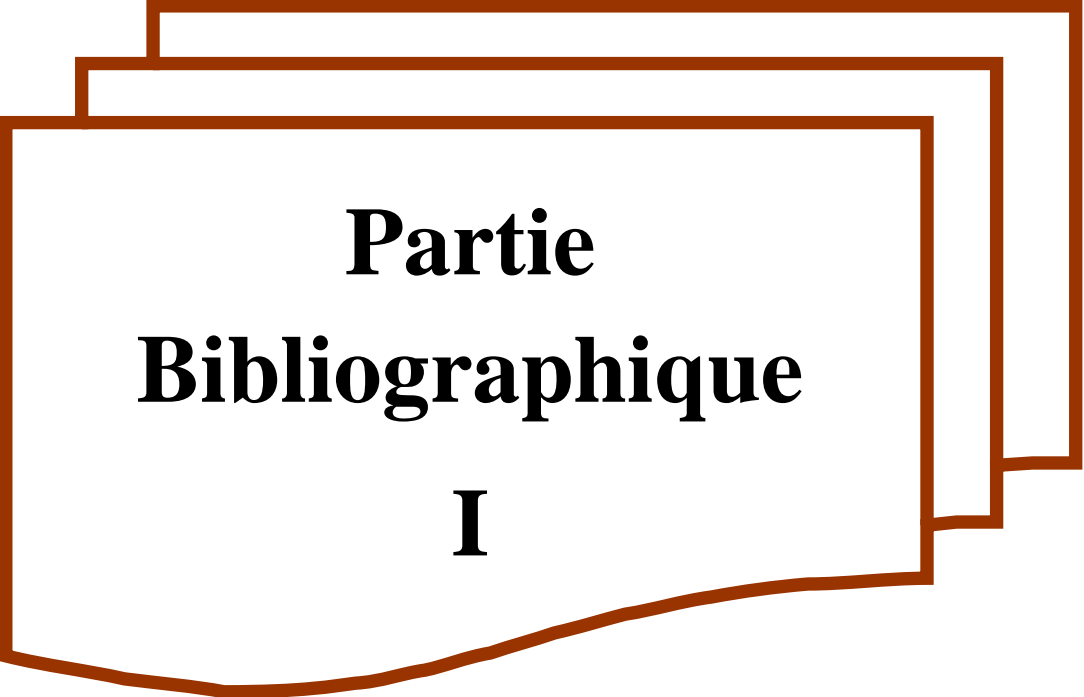
- La première partie est consacrée à l'étude bibliographique, qui contenir des généralités sur le compost et le compostage; cette partie a permis d'approprier l'historique, les méthodes et les techniques et les étapes de compostage.

- La deuxième partie pratique contient deux chapitres, les matériels et les méthodes utilisés dans cette étude et les étapes pratiques au cours de compostage, el les principaux résultats obtenus et leurs interprétations avec les discussions

- Enfin une conclusion synthétise l'ensemble des résultats obtenus au cours de ce programme de recherche et ouvre quelques perspectives pour l'avenir.



INTRODUCTION



Partie
Bibliographique
I



Chapitre 01

Généralités Sur le Compost

I.1. Compostage

I.1.1. Définitions

Différents auteurs ont donné des différentes définitions selon leurs types d'études(les matières premières utilisées et la méthode de compostage appliquée). D'où :

ROMAN *et al.* (2015) ont défini le compostage comme un processus biologique qui se produit dans des conditions aérobies (présence d'oxygène), avec une humidité et une température adéquates, une transformation hygiénique aux déchets organiques dans une manière homogène et disponible pour les végétaux.

De façon plus précise, le compostage est défini selon FRANCOU (2003) comme : « un processus contrôlé de dégradation des constituants organiques d'origine végétale et animale, par une succession de communautés microbiennes évoluant en conditions aérobies, entraînant une montée en température, et conduisant à l'élaboration d'une matière organique humifiée et stabilisée. Le produit ainsi obtenu est appelé compost. »

MUSTIN (1987) considère le compostage comme étant un procédé biologique assurant la décomposition des constituants organiques des sous-produits. Quant aux GOBAT *et al.*(1998), le compostage est un procédé de traitement intensif des déchets organiques qui met en œuvre, en les optimisant, des processus biologiques aérobies de dégradation et de stabilisation des matières organiques complexes.

D'autre part, HOITINK (1995) voit dans le compostage une technique "artificielle" qui démarre et se poursuit sous conditions maîtrisées au lieu d'accepter le résultat d'une décomposition naturelle incontrôlée.

La définition la plus globale et récapitulative est la suite :

« la décomposition biologique et la stabilisation des substrats organiques solides, sous des conditions qui permettent le développement de températures thermophiles résultant de la production de chaleur biologique, afin d'obtenir un produit final qui soit stable, peu humide, dépourvu d'agents pathogènes et de graines, et qui puisse être bénéfique à la terre » (HAUG, 1993, MASON, 2007 *in* PUJOL, 2012).

I.1.2. Historique de compostage

Le compostage n'est pas une technique récente mais très ancienne pratiquée dès l'Antiquité. Depuis des millénaires (ZNAÏDI,2002).Les phénomènes de compostage étaient naturellement actifs, partout où se trouvait de la végétation, il y avait une activité de

compostage. Puis, il y a bien longtemps, un de nos ancêtres a remarqué que les cultures étaient plus vigoureuses lorsqu'elles poussaient à proximité de fumier et de végétaux en décomposition. Cette découverte fut ensuite transmise aux générations suivantes. Selon MARTIN et GERSHUNY (1992) et ZNAÏDI(2002), parmi les anciens empires ont découvert le compost sont : l'Empire Acadien (avant 1000 ans le Prophète Moïse) , les Babyloniens, les Romains, les Grecs, les chinois. Les Arabes par Ibn El Awam et son livre "Kitab Al Filaha" (livre de l'agriculture) à la fin de de 12^{ème} siècle, William CAXTON, pionnier imprimeur du 15^{ème} siècle l'épelaient « compostyng ».MARTIN et GERSHUNY (1992) ont proposé que l'origine de mot "compost" est d'ancien français, parmi ces différentes prononciations qui le signifie : Compositus (composé de plusieurs choses),compass, compess, composture, compast, choucroute, etc.

Au début de 20^{ème} siècle, les premières bases de compostage a été déposé par l'ingénieur d'état Britannique Sir Albert HOWARD (1905) qui explique aussi l'intérêt du compost pour "l'agriculture biologique", après l'apparition des autres : l'autrichien Rudolph STEINER (1924), l'américain J.I. RODALE (1942) et autres.

I.1.3. Méthodes et techniques de compostage

D'après des auteurs, le compostage est devisé de beaucoup des modes et beaucoup de nominations selon ses dimensions (petit et grand échelle) , peut être divisé en trois types selon la nature du processus de décomposition : anaérobie, aérobie et vermicompostage.

a- Compostage aérobie

Le compostage aérobie a lieu en présence d'une grande quantité d'oxygène. Au cours de ce processus, les micro-organismes aérobies décomposent la matière organique et produisent du gaz carbonique (CO₂), de l'ammoniac, de l'eau, de la chaleur et de l'humus, qui est le produit organique final relativement stable. (MISRA et *al.*, 2005).

Cette technique consiste à mettre en tas ou en fosse plusieurs couches successives des pailles tronçonnées (30cm) ou pas et du fumier (ou poudrette). La succession des couches doit se faire dans des proportions qui favorisent la fermentation et qui permet de maintenir un état d'humidité permanent sans condition asphyxiante pour les microorganismes. Des arrosages et brassage réguliers sont nécessaires (KARAMBIRI, 2007).

Beaucoup des techniques de compostage aérobie découvert sont situés brièvement par l'annexe 1.

b- Compostage anaérobie

Lors du compostage anaérobie, la décomposition se produit quand l'oxygène (O₂) est absent ou présent en quantité limitée. Dans ce processus, les microorganismes anaérobies dominent et élaborent des composés intermédiaires comme du méthane, des acides organiques, du sulfure d'hydrogène et d'autres substances. En l'absence d'oxygène, ces composés s'accumulent et ne sont pas métabolisés. Un grand nombre de ces composés ont des odeurs fortes et certains d'entre eux présentent une phytotoxicité. (MISRA *et al.*, 2005)

c- Vermicompostage

Le terme vermicompostage (ou lombricompostage) se réfère à l'utilisation de vers de terre pour composter les résidus organiques (MISRA *et al.*, 2005).est une méthode qui permet de décomposer les résidus organiques provenant de la cuisine à l'aide de petits vers rouges, et ce, à l'intérieur douze mois par année. Même si le résultat s'appelle le lombricompost ou le vermicompost, il ne s'agit pas réellement d'un compost puisque la matière organique n'a pas à proprement parler subi un processus de décomposition contrôlée. C'est en fait le résultat de la digestion des vers, donc un fumier de vers de terre (MICHAUD, 2007). Tandis que les excréments (turricules) des vers de terre sont riches en nitrates, et en formes disponibles de P, K, Ca et Mg (MISRA *et al.*, 2005).

I.1.4. Etapes du compostage

Quelle que soit la taille de la plate-forme, le type de déchet traité et les différentes techniques mises en œuvre, la succession des étapes est commune à toutes les installations (ADEME,2015). D'après PUJOL (2012), Les méthodes de compostage sont très diverses et ces méthodes plus élaborées et utilisées à l'échelle industrielle, ont été mises en place pour obtenir un compostage plus performant qui :

- permet une maîtrise du procédé,
- contrôle l'hygiénisation du déchet,
- raccourcit les délais de traitement,
- composte ensemble des déchets de diverses origines,
- fabrique des produits variés adaptés à l'entretien des sols et aux plantations.

"La qualité du produit obtenu, le compost, va dépendre de la qualité de l'ensemble de ces étapes" (PUJOL, 2012). Les étapes de compostage sont :

I.1.4.1. Réception

C'est une étape de préparation du déchet permettant de contrôler la qualité du produit entrant dans le procédé (PUJOL, 2012), qui permet un dernier tri avant le broyage et la mise en andains et pour l'organisation de la traçabilité (ADEME, 2015).

I.1.4.2. Broyage

Est une technique très utilisée qui augmente la surface disponible pour l'action des micro-organismes et offre une meilleure aération (MISRA et *al.*, 2005). Il permet de fractionner la matière en éléments plus facilement décomposables et aussi de réduire les volumes à transporter (CARRETIER, 2017). Il est également favorable à la pénétration et l'homogénéisation de la teneur en eau du milieu (PUJOL, 2012)

D'autre part, il est quasiment obligatoire dans le cas d'utilisation des déchets ligneux (ADEME, 2015).

I.1.4.3. Fermentation

PUJOL (2012) la définit comme une phase de dégradation de la matière organique par voie aérobie, il la définit aussi comme une « transformation de certaines substances organiques sous l'action d'enzymes sécrétées par des micro-organismes».

Elle correspond à la phase de montée en température, avec dégradation poussée des molécules labiles et de la cellulose (ADEME,2015). PUJOL (2012) classé les déchets organiques fermentescibles en deux catégories; l'une sont des produits simples et facilement fermentescibles tels que les sucres, l'amidon, les graisses, les protéines, etc., et l'autre dont la décomposition biologique est beaucoup plus lente (hémicellulose, cellulose, lignine, etc.).

Cette étape est caractérisée par la dégradation microbienne de la matière organique qui comprend une respiration aérobie intense (dégagement de gaz carbonique + consommation d'oxygène). En plus, le gaz issu de la fermentation aérobie est généralement saturé en eau. Il se compose essentiellement de CO₂ (50 % du carbone organique des déchets est transformé en CO₂ (NOËL *et al.*, 2002 *in* PUJOL, 2012 et ADEME, 2015), d'O₂ de molécules d'ammoniac (NH₃), de composés soufrés en faible proportion (H₂S et mercaptans), de Composés Organiques Volatils (COV), d'Acides Gras Volatils (AGV), et de composés aldéhydiques et cétoniques (PUJOL, 2012).

Cette étape s'accompagne également d'une réduction du volume de déchet brut initial (environ 50% par rapport au volume de déchets initial) et d'une augmentation de la teneur en matière sèche (PUJOL, 2012)

Ce sont surtout les bactéries qui sont actives au cours de cette phase (ADEME, 2015). La durée de cette phase est de l'ordre de quelques semaines (ADEME, 2015 et CARRETIER, 2017).

D'après ADEME (2015); il est primordial, notamment pour limiter au maximum les odeurs, de respecter trois règles de base pour réussir la phase de fermentation du compostage :

- un mélange adapté des matières fermentescibles (rapport C/N initial de l'ordre de 30, porosité permettant l'aération) ; suivant les matières à composter l'ajout d'un structurant carboné est indispensable,

- une humidité proche de 60 % en phase initiale,
- le maintien d'une aération suffisante et régulière.

L'aération est généralement assurée par retournement (retourner d'andains ou déplacement du tas), ou par insufflation ou aspiration d'air.

I.1.4.4. La maturation

Ou la phase mésophile, la température baisse jusqu'à atteindre la même température que le sol, selon le climat entre 15 et 25°C (INCKEL et *al.*, 2005). au cours de cette phase, les processus d'humification prédominent, ainsi que la dégradation lente des composés résistants (FRANCOU, 2003). ADEME (2015) cité que les bactéries laissent majoritairement place aux champignons d'après PUJOL (2012), les champignons et les actinomycètes sont prédominants durant cette étape), qui stabilisent les matières organiques sous formes de composés humiques. L'étape de maturation est donc principalement une phase de réorganisation de la matière humique (PUJOL, 2012).le pH s'équilibre vers la neutralité et le volume du tas diminue : évaporation de l'eau et volatilisation du carbone (CARRETIER, 2017). ALBRECHT (2007) a noté que le processus de maturation est essentiel pour favoriser la compétition entre les pathogènes et la biomasse totale du compost.

La durée de cette phase est impossible de définir puisque celle-ci dépend de la composition des matières premières (ZNAÏDI, 2002).Les caractéristiques que nous permettent d'évaluer la maturité d'un compost sont :

La couleur : La dégradation lente des composés résistants entraîne une coloration brun foncé à noir du compost et rend celui-ci plus fin et homogène (HSU & LO, 1999 *in* ALBRECHT, 2007),sa couleur brune ou noire selon les matières organiques utilisées pour sa

fabrication. Un compost brun clair ou verdâtre devra être laissé encore quelques temps tranquille avant de l'utiliser (ADEME, 2015).

☑ **L'odeur** : Un compost mûr doit sentir l'humus forestier. Si l'odeur reconnus est de chou, de pomme de terre ou d'oignon, attendez encore avant de le récolter (ADEME, 2015).

☑ **L'apparence** : Le compost est alors mature et le processus est achevé lorsque sa texture ressemble alors à celle d'un sol (ALBRECHT, 2007). S'il reste des bouts feuilles dans le compost, c'est que tous n'a pas été dégradé (ADEME,2015).

I.1.5. Organismes vivantes de compostage

I.1.5.1. Micro-organismes

95% de l'activité du tas de compost due aux micro-organismes est réalisée par les bactéries, les champignons et les actinomycètes (ZNAÏDI, 2002).

a- Bactéries

Ils sont présentes dans la matière première, dominant en quantité et en diversité (ZNAÏDI, 2002), leur croissance est forte si C/N est faible et l'humidité est élevée (MUSTIN, 1987 *in* ZNAÏDI, 2002). Elles restent actives durant tout le compostage et en particulier à haute température (CHENNI et MAGHLOUCHE, 2013), beaucoup des études notent que des genres de bactéries sont le responsable de l'augmentation de température lors du compostage.

PUJOL (2012) cité que la plupart des bactéries qui interviennent dans le compostage évolue préférentiellement dans les milieux dont le pH est presque neutre, avec un optimum compris entre 6 et 8 , tandis que ALBRECHT (2007) dit que leur spectre d'activité est très large et sur une grande gamme de pH. Les bactéries, avec l'accroissement de température, facilitent la dégradation de sources complexes de C, comme la cellulose et la lignine, ces micro-organismes agissent transformant l'azote en ammoniac, de sorte que le pH moyen augmente. En particulier, sur 60 °C, des bactéries produisant des spores et des Actinobactéries responsables de décomposant les cires, l'hémicellulose et d'autres composés du complexe C (Romàn et *al.*,2015).

b- Champignons

Ils sont responsables avec les bactéries de l'accroissement de la température en phase mésophile (ZNAÏDI, 2002). ils sont très importants dans le compost car ils décomposent des composés complexes et cassent les débris, ce qui permet aux bactéries de continuer le travail

de décomposition (ALBRECHT, 2007). Les champignons ne résistent pas à des températures supérieures à 50°C (d'après ZNAÏDI (2002), ils sont inactifs au-delà d'une température de 55°C); ce qui explique leur localisation particulièrement en périphérie du compost, on peut voir apparaître à la surface du compost des champignons macroscopiques (CHENNI et MAGHLOUCHE, 2013). Parmi les champignons, il y'a une groupe de celles thermophiles apparaît, responsables d'une étape importante de décomposition des matériaux composant les membranes cellulaires végétales comme la cellulose et l'hémicellulose (MISRA et *al.*, 2005).

c- Actinomycètes

ZNAÏDI (2002) et CHENNI et MAGHLOUCHE (2013) cité que les actinomycètes s'attaquent aux structures très résistantes (cellulose, hémicellulose et lignine), de ce fait, on peut dire que les actinomycètes sont des agents essentiels de la "lignocellulolyse" pendant la phase thermophile (ALBRECHT, 2007).

Au côté de ces trois types de micro-organismes, on retrouve également dans le compost, des algues, des virus, des protozoaires,.... etc.

I.1.5.2. Macro-organismes

A l'instar des micro-organismes, le processus de compostage se produit dû à l'activité des macro-organismes; tels que microarthropodes (collembolles, acariens et myriapodes) et les nématodes (vers ronds) entre 0,2 et 4 mm, les larves d'insectes (autres que les collembolles) et les annélides (vers de terre) entre 4 et 80 mm et enfin les animaux supérieurs à 80 mm comme les mollusques (limaces, escargots...) et les crustacés notamment représentés par les cloportes (ALBRECHT, 2007;CHENNI et MAGHLOUCHE , 2013). Ceux-ci nécessitent certaines conditions pour pouvoir vivre. Elles comprennent l'humidité et l'air (MISRA et *al.*, 2005) Beaucoup de ces animaux pluricellulaires se nourrissent de débris végétaux et peuvent avoir un rôle important dans l'homogénéisation des composts (ALBRECHT, 2007).

I.1.6. Paramètres de compostage

Sept facteurs suivants doivent être combinés d'une façon optimale : l'aération, l'humidité la température, pH, le rapport C/N, la conductivité électrique et la granulométrie.

I.1.6.1. Aération

L'aération est la source d'oxygène, et se trouve être ainsi un facteur indispensable pour le compostage aérobic. L'aération permet de diminuer l'excès de chaleur et d'éliminer la vapeur d'eau et les autres gaz piégés dans le tas, l'évacuation de la chaleur est particulièrement importante dans les climats chauds, compte tenu des risques plus élevés de surchauffe et d'incendie (MISRA *et al.*, 2005).

Certaines études présentent par exemple des résultats qui mettent en évidence qu'une concentration en O₂ trop faible dans le gaz interstitiel engendre l'inhibition de l'activité microbienne aérobie (RICHARD *et al.*, 2006 ; YU *et al.*, 2009 *in* PUJOL, 2012)

Par conséquent, une bonne aération est indispensable pour un compostage efficace (MISRA *et al.*, 2005).

I.1.6.2. Température

D'après PUJOL (2012) on peut dire que la température du milieu est également un paramètre clé du compostage puisqu'elle influe sur le type de micro-organismes présents (notamment effet d'hygiénisation), sur les cinétiques de biodégradation, sur le taux d'humidité et sur la diffusion de l'oxygène, elle affecte également les cinétiques d'hydrolyse enzymatique.

Parmi les bons effets de la température celle de rapports de Halberg (1999) et Ragdale *et al.*, (1992) *in* ZNAÏDI (2002), qui ont trouvé dans les essais réalisés, ils ne révèlent la présence d'aucune graine de mauvaise herbe enfin de compostage lorsque la température dépasse 55 à 60°C.

I.1.6.3. Humidité

Le taux d'humidité de la matrice du compost conditionne les échanges en oxygène et donc l'activité microbienne (JERIS & REGAN, 1973a *in* FRANCOU, 2003). Les micro-organismes ont besoin d'humidité pour vivre et pour se distribuer à travers le tas. L'activité des organismes se ralentira si le tas est trop sec, mais si le tas devient trop humide, il n'aura pas assez d'air et les organismes de décomposition mourront (INCKEL *et al.*, 2005).

Godden (1986) rapporte que le taux d'humidité dépend essentiellement des matériaux de départ. En pratique, il est conseillé de commencer le tas avec une teneur en eau de 50 à 60 pour cent, pour atteindre à la fin du processus, une humidité de 30 pour cent (MISRA *et al.*, 2005)

On peut tester le taux d'humidité par la méthode citée par Sangare (1993). Ce test consiste à presser entre les mains un échantillon de compost prélevé au cœur de l'andain. En effet, si l'eau coule entre les doigts, l'humidité dépasse sensiblement 50%.

I.1.6.4. pH

Le pH a été l'un des premiers indicateurs chimiques de la maturité des composts et a été utilisé dans de nombreuses études (ALBRECHT, 2007). INCKEL et *al.* (2005) notent que le taux d'acidité (pH) dépend de l'apport d'air et d'humidité.

Bien que l'effet tampon naturel du compostage permette l'utilisation de substances dans une large gamme de pH, celui-ci ne devrait pas être supérieur à 8. A des pH plus élevés, une plus grande quantité d'ammoniac est générée et risque d'être perdue dans l'atmosphère (MISRA et *al.*, 2005)

Les pH acides sont caractéristiques des composts immatures alors que les composts mûrs sont caractérisés par des pH compris entre 7 et 9 (ROLETTO et *al.*, 1985b; FORSTER et *al.*, 1993; AVNIMELECH et *al.*, 1996 in FRANCOU, 2003).

I.1.6.5. Rapport C/N

Le C/N est un indicateur très utilisé dans l'étude des composts, malgré des auteurs comme Morel et *al.* (1986), SAVIOZZI et *al.* (1988) et SERRA-WITTLING (1995) considèrent que la valeur du C/N d'un compost n'est pas suffisante pour déterminer sa maturité (FRANCOU, 2003). PUJOL (2012) cite que le rapport C/N diminue constamment au cours du compostage à conséquence de la minéralisation biologique de composés carbonés et leur perte sous forme de CO₂.

MISRA et *al.* (2005) dites que le rapport optimal C/N se situe entre 25 et 30, bien que des rapports situés entre 20 et 40 soient aussi acceptables, tandis que FRANCOU (2003) signale que pour des composts jeunes les C/N varient de 10 à 80 et diminuent au cours du compostage pour arriver à des valeurs généralement comprises entre 8 et 25.

Quand le C/N est supérieur à 40, la croissance des micro-organismes est limitée, et implique une durée de compostage plus longue. Un rapport C/N inférieur à 20 entraîne une sous-utilisation de l'azote et le surplus d'azote pourra alors être perdu dans l'atmosphère sous forme d'ammoniac ou d'oxyde nitreux, et l'odeur pourra devenir un problème (MISRA et *al.*, 2005).

On divise les quatre phases entre deux stades.

I.1.7.1. Stade de dégradation

C'est le stade correspond à la dégradation intense de la matière organique (FRANCOU, 2003), il contient les deux phases suivantes:

a- Phase mésophile

C'est la phase initiale, lors de cette phase : la biomasse et la diversité microbienne n'est pas très importante, il y a une plus grande fraction de protéobactéries et une plus petite proportion d'actinomycètes (PUJOL, 2012).

Les matières premières sont envahies par les micro-organismes mésophiles indigènes et leur activité engendre une montée en température (de 10 à 45°C.) un dégagement important de CO₂ d'où la diminution du rapport C/N (ZNAÏDI, 2002). En plus, cette activité intense produit des acides organiques, c'est pourquoi on remarque une légère baisse du pH parfois jusqu'à 5 (MICHAUD, 2007).

b- Phase thermophile

Le compostage thermophile peut induire une succession microbienne rapide et le temps nécessaire pour produire un compost hygiénisé peut être raccourci si de hautes températures sont atteintes (PUJOL, 2012). A partir de 50 °C.(MISRA et *al.*, 2005), la température continue d'augmenter pour atteindre un plateau entre 60 °C et 70 °C. Quant au pH, il augmente graduellement pour atteindre un plateau entre 7 et 8 qu'il maintiendra jusqu'à la fin du processus de compostage(MICHAUD, 2007). Au cours de cette phase, une part importante de matière organique est perdue sous forme de CO₂, un assèchement du compost lié à l'évaporation de l'eau est souvent observé (FRANCOU, 2003), des pertes en azote, minéralisé sous forme ammoniacale (NH₄⁺) qui peut être volatilisé sous forme d'ammoniac (NH₃) dans certaines conditions, ainsi que l'évaporation d'eau, sont plus importantes au cours de cette phase. (ZNAÏDI, 2002)

Habituellement, la température thermophile est atteinte après 1 à 4 jours de compostage (PUJOL, 2012).

I.1.7.2. Stade de maturation

Il contient les deux dernières phases:

a- Phase de refroidissement

Durant laquelle l'activité biologique ralentit, en raison de la diminution de la quantité de matière organique rapidement biodégradable (PUJOL, 2012), et des micro-organismes mésophiles à nouveau le compost (FRANCOU, 2003).

La chaleur générée par la dégradation microbienne est alors inférieure aux pertes dues aux échanges surfaciques et à l'évaporation, entraînant un refroidissement du compost. (FRANCOU, 2003). Le tas reste moite et chaud en son centre, et la température baisse de 50°C à environ 30°C (INCKEL et *al.*, 2005). Cette phase de refroidissement peut être très progressive ou au contraire très rapide en fonction des conditions climatiques ou de la taille du tas de compost par exemple (FRANCOU, 2003).

b- Phase de maturation

Au cours de la dernière phase appelée phase de maturation ou stabilisation, les processus d'humification prédominent, ainsi que la dégradation lente des composés résistants (FRANCOU, 2003). Durant cette étape, les champignons et les actinomycètes sont prédominants (PUJOL, 2012). ZNAÏDI (2002) a remarqué que cette phase présente peu d'activités micro biologiques (recolonisation par des champignons) mais est adaptée à la colonisation par la macro-faune, en particulier les lombrics lorsque ceux-ci sont présents dans l'environnement du tas. Les matières organiques sont stabilisées et humifiées par rapport aux matières premières mises à composter, le compost de vient fin et noir et de une odeur agréable de sous-bois (CALMETS, 2012).

I.1.8. Avantages de compostage

Comme le disait Lavoisier au 18^e siècle :« Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ». Parmi les avantages de compostage (ZNAÏDI ,2002 et FRANCOU, 2003) :

a- Réduction de la masse et de volume:

Environ 50% par rapport aux déchets initiaux. Ces réductions sont dues à la minéralisation des composés organiques, à la perte d'eau et à la modification de la porosité du milieu (DAS &KEENER, 1997; EKLIND &KIRCHMANN, 2000a).

b- Concentration en éléments minéraux :

Les composts sont plus concentrés en éléments fertilisants que les fumiers.

c- Assainissement vis à vis des adventices:

RAGDALE et *al.*,(1992) et HALBERG (1999) , rapportent que dans les essais réalisés, ils ne révèlent la présence d'aucune graine de mauvaise herbe en fin de compostage lorsque la température dépasse 55 à 60°C. Aussi, l'action combinée de l'élévation de température et de la libération d'agents inhibiteurs permet la destruction de graines d'adventices(WIART, 1997 cité par LECLERC, 2001).

d- Assainissement vis-à-vis des agents pathogènes et parasites des animaux:

De point de vue des parasites, le compostage réduit fortement la population d'*Helminthes* après 1 mois, mais il reste à vérifier si elle est détruite en totalité après plusieurs mois de compostage. La population de Coccidies est en revanche complètement éliminée (LORTHIOS, 1998).

e- Destruction partielle ou totale des résidus de produits phytosanitaires :

L'activité de dégradation biologique au cours du compostage détruit la plupart des molécules et les résidus sont faibles ou nuls.

Parmi ses avantages on peut citer: (ZNAÏDI, 2002; FRANCOU, 2003 ;MICHAUD, 2004; CALMETS, 2012 et CHENNI et MAGHLOUCHE, 2013):

✓ Le compost est d'être un amendement organique permettant d'améliorer la fertilité des sols par rapport à des déchets non compostés

✓ Plusieurs recherches menées dans différentes parties du monde ont montré que le jus de compost en plus de son action fertilisante, pourrait être un moyen efficace de lutte contre les maladies fongiques des plantes en stoppant ou en inhibant le développement des champignons pathogènes.

✓ Il a des conséquences positives sur l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et/ou biologiques du sol.

✓ Le compost facilite non seulement la bonne circulation de l'eau mais également celle de l'air, et par conséquent, il aide au développement des racines.

✓ C'est un engrais très équilibré grâce au mélange des matières qui le composent. Il est également riche en azote, en phosphore, en potasse, en sels minéraux et en oligo-éléments.

✓ Pendant la phase de minéralisation du compost, il libère ses éléments nutritifs lentement (surtout l'azote), ce qui correspond parfaitement aux besoins des végétaux. C'est ce que l'on appelle un engrais de fond.

✓ un compost mur ne contient plus de substances empêchant ou ralentissant la germination.

✓ Parmi les résultats de compostage est le jus de compost: c'est une liquide résulte de processus de lombricompostage.

✓ produit des phyto-hormones naturelles en se décomposant, permettant ainsi une protection supplémentaire pour nos plantes;

✓ améliore la rétention d'eau des sols sableux et favorise l'aération des sols argileux

✓ aide à stabiliser le pH du sol à un point relativement neutre, ce qui favorise la culture de la majorité des plantes.

I.1.9. Méthodes d'accélération du compostage

I.1.9.1. Solution de ME (accélérateur)

Les ME constituent une culture mixte de microorganismes efficaces d'origine naturelle, sans manipulation génétique et physiologiquement compatibles les uns avec les autres. Au sein des principaux groupes présents se trouvent des bactéries photosynthétiques, des bactéries acido-lactiques, des actinomycètes, des levures et des champignons décomposeurs. Ces différents groupes de microorganismes réalisent chacun différentes fonctions complémentaires, permettant la synthèse de substances qui favorisent la croissance et le développement des plantes, entre autres propriétés.(FELIX, 2015). Il améliore l'efficacité de la matière organique dans le sol ainsi que la fertilité du sol (INCKEL et *al.*, 2005). On peut le préparer comme la suite:

Un litre d'une solution instantanée est préparé en mélangeant 10 ml de ME (Source de lactobacilles avec petite de lait), 40 ml de mélasse (Source de sucres rapides) et 950 ml d'eau. Après 5 à 7 jours, selon la température, la solution est ajoutée à un litre de mélasse et 98 litres d'eau afin d'obtenir une solution de ME prête à l'emploi. Cette quantité est suffisante pour trois fosses. La solution de ME fait office d'accélérateur et réduit la période de compostage de trois à un mois (MISRA et *al.*, 2005).

I.1.9.2. Utilisation de la chaux

Une technique permettant de préparer un compost à partir de végétaux durs consiste à mélanger 5 kg de chaux avec 1000 kg de déchets. La chaux peut être appliquée sous forme de poudre ou après avoir été mélangée avec une quantité suffisante d'eau. L'utilisation de chaux favorise le processus de décomposition des matières dures; elle est supposée affaiblir la structure ligneuse. Le chaulage peut améliorer le processus d'humification des résidus végétaux en augmentant la population et l'activité microbiennes et en affaiblissant la structure ligneuse (MISRA et *al.*, 2005).

I.1.9.3. Purins végétaux

Ceux qu'il vaudrait mieux appeler "extraits fermentés"; sont comme des composts liquides pas complètement décomposés mais riches en certains éléments surtout l'azote. En réalité, tous les purins fait avec des feuilles tendres (d'épinard, laitue, tontes de gazon), mais le plus important d'entre tous est le purin d'ortie (*Urtica spp.*). L'azote du purin agit comme un activateur, mais de façon mesurée. Il couvre la faim d'azote tandis que les autres composés de cet extrait fermenté stimulent la vie microbienne (GROULT, 2009).

I.1.9.4. Les urines

On peut utiliser par arrosage un mélange d'une dose d'urine humaine et de 4 doses d'eau. L'urine augmente la croissance des micro-organismes (INCKEL et *al.*, 2005). Pour améliorer la production de vermicompost, MISRA et *al.* (2005) ont conseillé d'ajouter les déchets organiques utilisés de l'urine non dilué de vache au préalable, et dilué avec une quantité équivalente d'eau au cours de vermicompostage.



Partie Pratique

II



Chapitre 01
Matériels et Méthodes

II.1. Matériels et méthodes

Dans ce chapitre nous avons développé, le choix des stations d'étude, les procédés utilisés sur le terrain, ainsi que les techniques d'exploitation des résultats.

II.1.1. Présentation de la station d'étude (Domaine Dhaouia)

Le choix de la ferme Dhaouia comme un site d'étude, se justifie que cette station est la première exploitation dans la région qui est intéressée à l'exploitation et le développement de la recherche agronomique. Elle contient beaucoup des genres de productions agricoles, parmi-les c'est l'oléiculture, culture maraîchère sous serre et plein champs. Le palmier dattier est l'espèce dominante, il occupe une surface de 167 ha (121 palmiers/ha), avec un nombre de 20234 pieds plantés en carrée 9 x 9 m répartis en fonctions des cultivars comme suit, 13836 Deglet-Nour, 3348 Degla-Beida, 1683 Ghars, 930 Dhokkar. L'exploitation contient aussi, 30 ha (plantation de 1990 à ce jour) d'oléiculture ce qui présente environ de 10000 oliviers productifs pour la plupart, 4 ha de poiriers ce qui représente environ de 2800 arbres. 2 ha d'agrumes (U.T.P.A, 2019). L'échantillonnage a été effectué sur une partie du verger d'olivieraie.

La station couvre une superficie de 400 ha (U.T.P.A, 2019) possède un sol sableux et nombre important des arbres fruitiers les oliviers, les palmiers, les abricotiers et les cultures maraîchers sous serre et pleine champs avec un brise de vent haute, l'exploitation est limitée du Nord par des fermes, Sud et Est par route national 16 et route intercommunale par ordre, et de l'Ouest par un terrain nu.

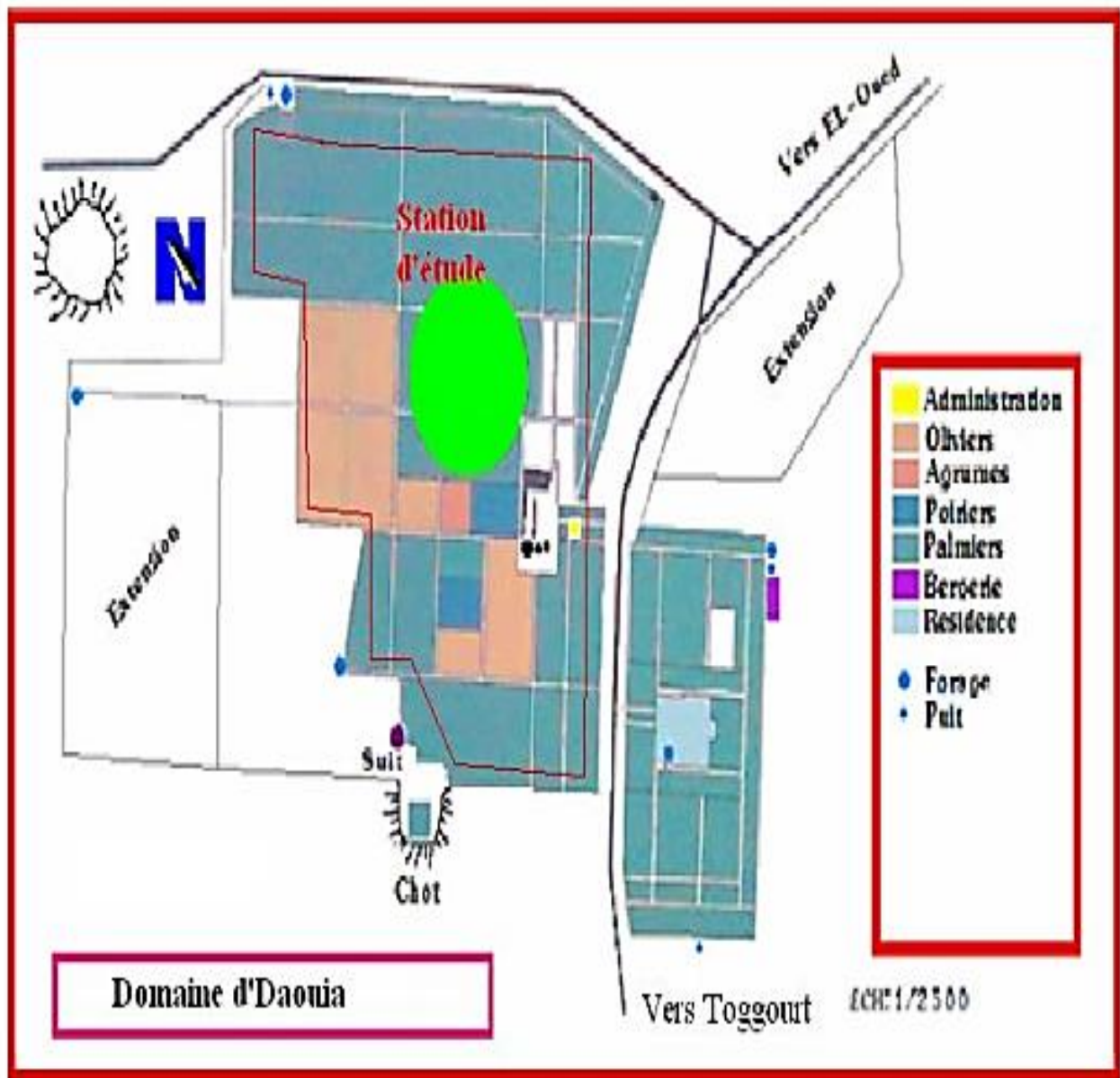


Fig.01. Plan général de domaine d'Dhaouia (Direction d'Dhaouia, 2008 Modifié)

II.1.2. Situation Climatique

D'après DUBIEF (1963) *in* VOISIN (2004), du fait de sa position continentale et de sa proximité de l'équateur, le Souf présente de fort maxima de température et de grands écarts thermiques. Une variation importante de température entre le jour et la nuit car le sable se refroidit beaucoup plus vite que la pierre ou l'argile (NAJAH, 1971). Le Souf a des étés brûlants qui sont aussi durs que ceux qui s'observent dans le Sahara central (VOISIN, 2004).

L'humidité de l'air désigne la teneur en vapeur d'eau de l'air, exprimée par mètre cube (RAMADE, 2003). Elle peut fortement influencer les fonctions vitales (CHAUVIN, 1956 cités par OULD EL HADJ, 2004).

II.1.3. Substrats utilisés pour le compostage

La sélection des sous-produits utilisés au compostage est basée sur leur disponibilité dans la région d'étude.

a. Fumier de volailles :

On utilise nouveau fiente de poulet de chair mélangé avec paillis de bois. Parmi les choses qui donne la priorité de choisir ce composant sont: La disponibilité pour toute l'année, et la richesse en azote (MUSTIN; 1987) et phosphore (ZNAÏDI; 2002 et ADEME; 2006).

b. Paille:

C'est le tige de graminée, et en particulier de céréale, coupée et dépouillée de ses grains, on peut dire aussi c'est l'ensemble des sous-produits celluloses de la récolte des céréales (AUBINEAU et *al.*; 2002).C'est un matériau carboné type, bon précurseur des humus (MUSTIN; 1987). La paille apporte assez de carbone facilement disponible (WEILL et DUVAL, 2009). La paille, qui est en fait un résidu de la récolte des graminées (blé, avoine, orge), peut être compostée selon toutes les méthodes, sauf le lombricompostage (MICHAUD,2007; FORTIN et HENAULT-ETHIER, 2009).

c. Marc de café:

C'est parmi les matériaux azotés et verts qui on utilise dans ce travail (MICHAUD, 2007; FORTIN et HENAULT-ETHIER, 2009 et DELOEUVRE, 2018). Il enrichit le compost et accélérer son processus de décomposition (DELOEUVRE,2018). On le trouve en grandes quantités aux cafétérias.

d. Résidus de palmier dattier:

Ils ont fourni après le nettoyage des palmiers dattiers (*Phoenix dactylifera*), ce sont les régimes, fibrillum, palmes sèches et les rachis. Ils sont des matériaux carbonés (JONOBI et al.,2019). Ils sont disponibles au niveau de station d'étude.

e. Déchets urbain d'origine végétale :

Ce sont des matériaux verts et peuvent être utilisées sans restriction dans tous les types de compostage (MICHAUD,2007). On accumule ce genre de déchets aux nos cuisines (qui sont souvent destinés à la poubelle); ce sont les épluchures et les feuilles de différentes légumes (choux, pomme de terre, tomate, oignon et carotte).



Résidus de palmier dattier



Marc de café



Paille



Fumier de volailles

Fig.02. Déchets urbain d'origine végétale et Animale

II.1.4. Déroulement de compostage

a- Construction des lots de compost:

La solution la plus simple pour constituer les tas comprend les débris végétaux broyés et fumier de volailles sont transportés vers la plate-forme de compostage . on le construire par l'utilisation des palettes en bois pour assurer l'aération au cours du compostage.

b- Préparation des tas:

Pour suivre le compostage de différents mélanges organiques on crée 5 tas chaque tas composée de différentes proportions de matériaux organiques fraîches animales et végétales déposées suivant le poids (tableau1).

Tableau 01- Composition volumique des tas étudiés

	F.V.	P.S.	M.C.	D.U.V	R.P.D	EM-1	Q.E.R	Date
1^{er} tas	50%	-	-	-	50%	5L	60L	23/02/2020
2^{ème} tas	20%	50%	30%	-	-	5L	60L	24/02/2020
3^{ème} tas	50%	50%	-	-	-	5L	60L	24/02/2020
4^{ème} tas	20%	50%	-	30%	-	5L	40L	27/03/2020
5^{ème} tas	40%	-	-	-	60%	5L	60L	25/02/2020

F.V.: fumier de volailles; **P.S.:** paille sèche; **M.C.:** marc de café; **D.U.V.:** déchets urbains d'origine végétale; **R.P.D.:** résidus de palmier dattier, **Q.E.R.:** quantité d'eau à chaque retournement.

Les déchets broyés et le fumier sont mis en tas par stratification; on démarre toujours par la paille à terre (couche de 20 cm épaisseur) après l'autre couche de matériau et ainsi de suite jusqu'à la hauteur que nous voulons.

Les dimensions en hauteur et en largeur des tas ont été choisies en fonction des caractéristiques du retourner. En effet, la hauteur de tas ne doit pas dépasser la hauteur de l'espace de travail qui est de 1,20m et sa largeur qui est de 1,20m. Les tas sont espacés en avant afin de faciliter de prendre des mesures (T°C., Humidité...) et l'opération de retournement, la taille de sous-produits entre 2 et 12 cm (granulométrie).

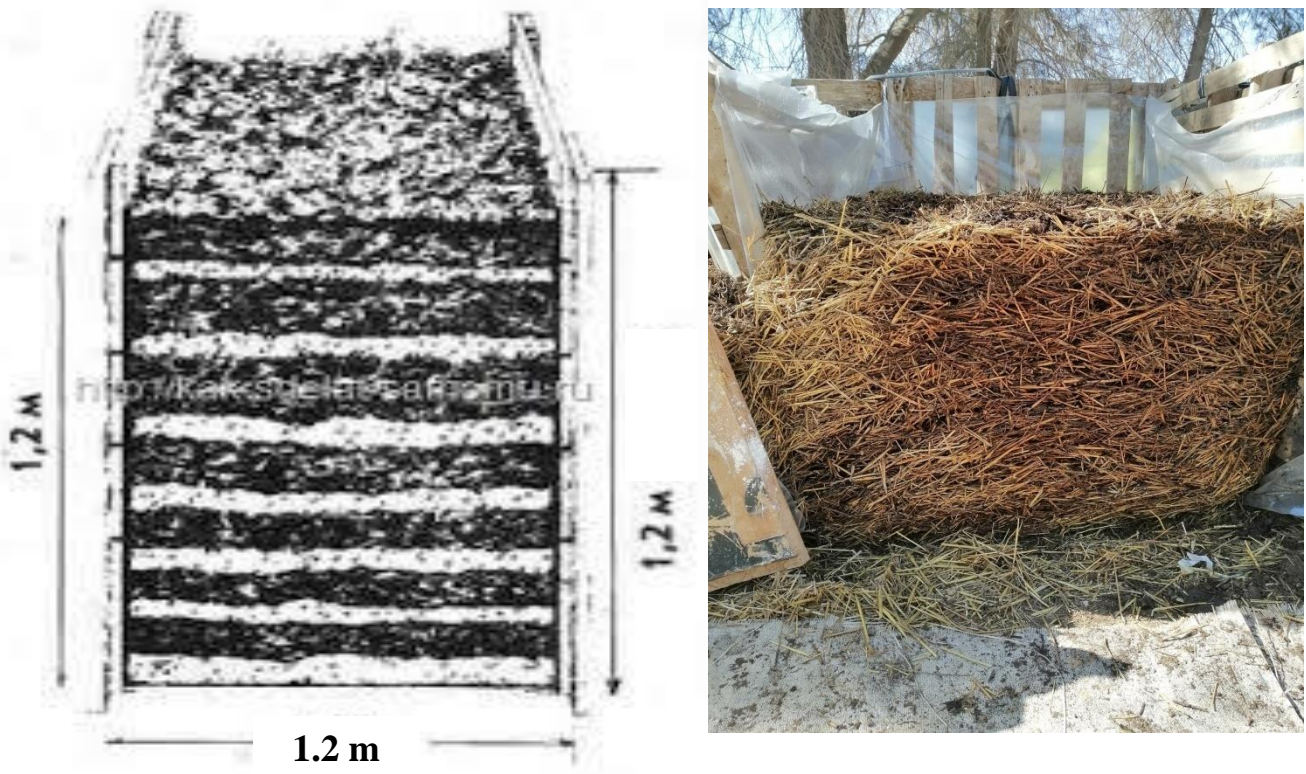


Fig.03. les couches stratifié du compost

c- Retournement :

Elle nécessite le retournement régulier de la masse du compost, surtout au début du processus, étant donné que l'activité bactérienne est intense durant les premiers jours de démarrage (UKONDALEMBA; 2016).

Au cours du processus de décomposition, l'utilisateur doit retourner les tas. Le retourner régulièrement lui assure une bonne aération, et tous les matériaux seront transformés en compost (INCKEL et *al.*; 2005). D'après MICHAUD (2004), il assure la solution des différents problèmes comme la manque d'oxygène, l'odeur d'ammoniac, le compactage du tas. Les dates des retournements ne peuvent donc être fixées selon un calendrier précis, mais sont déterminées par la baisse de la température (ZNAÏDI, 2002).

Pour notre essai, le retournement se fait un fois chaque semaine pour tous les tas et simultanément par l'arrosage de l'eau.

Après homogénéisation des substrats et une humidification voisine de 50% (valeur optimale du compostage), le mélange est mis en tas préparé sur une bâche, pour éviter toute perte et pour permettre de récupérer les lixiviats lors des arrosages des tas. Au cours du compostage, des retournements manuels sont effectués pour favoriser l'aération du mélange.

Après chaque retournement, l'humidité est contrôlée et en cas de dessèchement des mélanges, un arrosage d'eau est effectué dans les tas 1 et 3 afin d'éviter un assèchement préjudiciable au bon déroulement des biodégradations lors du compostage.



Fig.04. Retournement du compost

d- Arrosage des lots de compost

L'arrosage des lots de compost constitue l'un des facteurs les plus importants qui augmente la teneur en eau pour l'activité des micro-organismes. Nous avons arrosé les lots pour atteindre une humidité comprise entre 50 et 60%. L'arrosage s'effectue à partir du sommet du lot jusqu'au ruissellement de l'eau à la base, c'est-à-dire jusqu'à observation de lixiviation que nous assure l'arrivée à un taux d'humidité bonne.

Pour accélérer les processus de compostage, nous avons arrosé les tas par la solution EM et de la chaux.

e- Couvrir le tas

Après tous action (arrosage, mettre de résultats, retournement ...) on recouvre les tas par une bâche poreuse, léger et opérationnelle; car elle réduit le dessèchement, limite le lessivage par la pluie et garde la chaleur produite au cours du compostage.



Fig.05. bâche couvrir les tas

II.1.5. Les paramètres d'évaluations de composte

II.1.5.1. Observation et mesure sur site

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

- ⊗ L'observation visuelle ;
- ⊗ Les tests de température ;
- ⊗ Les tests d'humidité. (Anonyme, 2002)

II.1.5.2. Observations visuelles

L'observation visuelle est très importante pour évaluer les tas de compost aux cours du processus de compostage. On observe régulièrement la granulométrie et la couleur des tas mais aussi l'apparition des macro-organismes (champignon et insectes). Nous avons fait des tests d'odorat afin de contrôler s'il n'y a pas de fermentation.

Les observations visuelles et les tests d'odorat permettent de déterminer la maturité du compost. Le compost mûr est de couleur très foncé, d'odeur de terre, souple au toucher, et dont on ne peut reconnaître à l'œil nu les composés d'origine. Pour nos observations visuelles nous avons tenu compte des critères suivants : l'aspect du substrat, sa couleur, sa granulométrie, son odeur, son humidité, pourcentage de dégradation et la hauteur du lot.

II.1.5.3. Tests de températures

Les températures ont été relevées quotidiennement à l'aide d'un thermomètre à sonde pénétrante de 30 cm de long (Figure 06). Pour les mesures de températures, la sonde du thermomètre est plongée dans le lot du compost à 50 cm à partir du sommet du lot. Nous avons creusé 20 cm pour atteindre les 50 cm de profondeur (Figure 07).



Figure 06 : Test de température

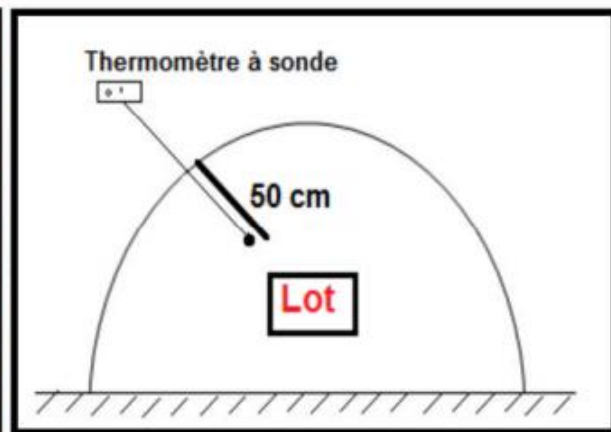


Figure 07 : Schéma illustrant le niveau de mesure de la température avec le thermomètre à sonde

II.1.5.4. Tests d'humidité

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

II.1.6. Les analyse effectuer sur le composte

II.1.6.1. Mesure du pH (Electrochimie)

La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'un pH mètre sur un extrait 1/5 (compost / eau), après 1 heure d'homogénéisation à température ambiante (PETERS et *al.*, 2003), le prélèvement d'échantillon se fait au profond de 30 à 50 cm.

II.1.6.2. Détermination de la conductivité électrique spécifique

La conductivité électrique a été déterminée par un conductimètre à une température de 25°C sur un rapport (compost /eau) de 1/5. La conductivité est en fonction de la concentration de sels dissous dans le mélange. (PETERS et *al.*, 2003)

L'extraction consiste à placer 10g de l'échantillon dans 50 ml d'eau distillée, et à laisser agiter la solution pendant 30 minutes puis la filtrer. De la même manière, on effectue une détermination à blanc en mesurant la conductivité de l'eau à la même température. Pour mesurer C.E et pH on utilise l'appareil qui nommé "Multimètre WTW" (Figure 08).



Fig.08. Appareil "Multimètre WTW"

II.1.6.3. Test de levée

La méthode la plus simple, pouvant être adoptée, pour le test de maturation du compost, sans difficulté est celle du test de germination. Pour effectuer ces tests, nous avons choisi l'orge (*Hordeum vulgare*); une espèce qui présente un pouvoir de germination très élevé (85% au moins). Nous avons pris des échantillons de chaque compost, on les disposés dans des pots et dans chaque pot nous avons disposé 5 graines. A la fin de levée, nous avons calculé le nombre de graines ayant germé et mesuré la longueur des racines et des tiges.

II.1.6.4. Les programmes d'analyse

Les Traitement des données ont été réalisées avec les deux logiciel EXCEL (Version 10) et MATLAB (Version 10), pour mesurée des variables pratiques à toute la période de compostage.



Chapitre 02

Résultat et Discussion

II.2. Résultats et discussions

II.2.1. Composition du substrat composté

A partir le travail de cette étude de compostage, nous avons disposé en fonction de la nature des résidus (animale et/ou végétale).

Pour un démarrage du processus de compostage, il faut choisie deux types de mélange des tas:

- 60% volumes des matières carbonées et 40% volume des matières azotées.
- 50% volumes des matières carbonées et 50% volume des matières azotées.

II.2.2. Aspect du substrat composté

II.2.2.1. Aspect visuel

A partir des observations visuelles effectuées régulièrement sur les tas, nous avons attribué des notations pour chaque critère en fonction de l'âge de tas. Ces notations sont par la suite additionnées. Un indice visuel est calculé représentant le pourcentage de la notation (Tableau 02)

Tableau 02- Indice visuel de maturation des composts

Critères	Notation			Tas du compost				
	1	2	3	T1	T2	T3	T4	T5
Aspect	Gras	Motteux	Granuleux	2	2	2	2	2
Couleur	Brun	-	Noir	2	3	2	2	2
Granulométrie	>10 mm	Inter	<2mm	3	2	3	3	2
Odeur	mauvaise	-	terre	3	2	3	3	2
Humidité	Sec	Humide	frais	3	3	3	3	3
Dégradabilité	>50%	Inter	<10%	2	2	2	2	2
Hauteur	>110 cm	Inter	<50cm	2	2	2	3	2
Indice visuel de maturité IV (sur 21 points)				17	16	17	18	15
IV%				81	76.2	81	85.7	71.4

Le diagramme ci-après présente l'évolution de l'indice visuel de la maturité au cours du compostage. La figure suivante montre que tous les tas (T1, T2, T3, T4, T5) pendant 90 jours (fig.09).

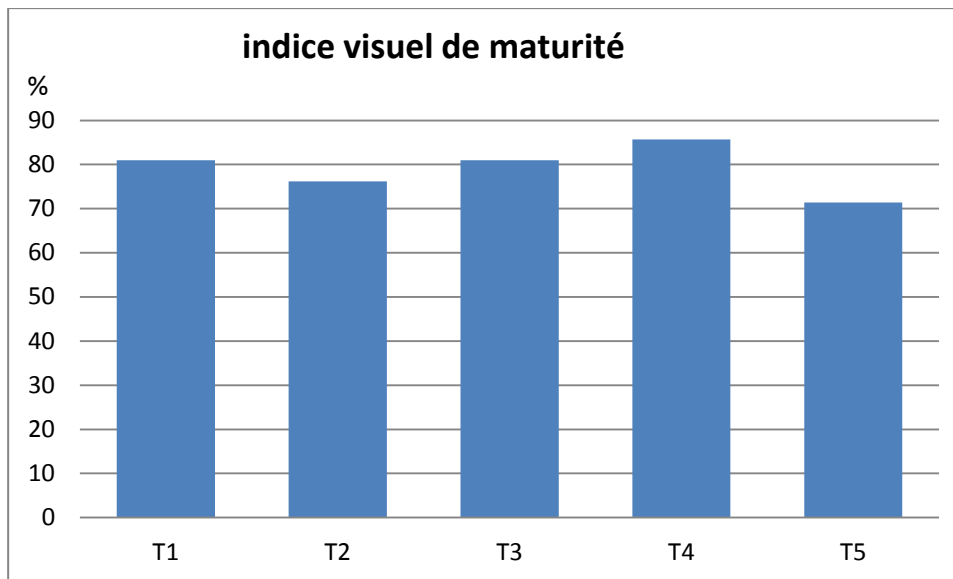


Fig.09. Evaluation de l'indice de maturité du compost

Pour l'indice visuel de maturité (IV), les traitements T1, T2, T3 et T4 qui contiennent le pourcentage égal entre le carbone et l'azote (50/50) alors que le traitement T5 renfermant 60% matières carbonées et 40% des matières azotées.

Après le départ du processus du compostage, l'histogramme de l'indice visuel du traitement T1 et T3 est de même échelle; c'est-à-dire le même niveau de maturité du compost dans le dernier jour, malgré que les composants du T1 (les résidus de palmier dattier) et T3 (paille). Bien qu'il existe une grande variation de T4 par rapport à T2 et T5, il est connu que T4 est le pourcentage le plus élevé par rapport aux autres piles de T1, T2, T3 et T5.

Pendant le compostage, le volume total et la masse ne font que diminuer pour tous les tas, ces pertes peuvent atteindre 20 à 60% de la matière organique initiale (IANNOTTI *et al.*, 1994; CANET et POMARES, 1995; ATKINSON *et al.*, 1996 *in* FRANCOU, 2003). Cette décroissance est due à plusieurs facteurs :

- il y a une diminution du volume par tassement au cours de l'opération de compostage, c'est l'effet du broyage du substrat (FRANCOU, 2003 ; PUJOL, 2012 et CARRETIER, 2017).
- il y a aussi une diminution de la masse totale à humidité constante par diminution de la masse de matière organique (dégradations accompagnées de pertes de carbone par départ du gaz carbonique et de composés volatiles). La principale raison de cette diminution est l'utilisation par les micro-organismes du milieu des substances organiques indispensables à leur métabolisme, conduisant à la minéralisation en dioxyde de carbone (CO₂). La présence possible de sites anaérobies dans la matrice peut entraîner des émissions de méthane (CH₄) liées à des métabolismes de type fermentaire (He *et al.*, 2000 *in* FRANCOU, 2003).

- Concernant la couleur, tous les tas de compost ont de couleur entre brune-noirâtre sauf T2 est de couleur noire. Selon FRANCOU (2003), le changement de couleur des déchets au cours du compostage a conduit certains auteurs à mettre en place des tests colorométriques, soit directement à partir des composts, soit sur des solutions de composts (MARTIN et GERSHUNY, 1992).

On étudie tout particulièrement la granulométrie du compost. Pour T1, T3 et T4 ont de taille de 2 à 5cm. Tandis que T2 de 3 à 6cm et T5 peut atteindre à 10cm. Comme il a été précisé précédemment, l'aération est un paramètre prépondérant des fermentations au cours du compostage et la présence d'oxygène est directement liée au pourcentage d'espaces lacunaires (porosité) dans le compost : or ce pourcentage est fonction de la granulométrie. En plus, la structure physique du déchet (porosité, perméabilité, granulométrie...) va aussi impacter le procédé de compostage puisqu'elle influence et est influencée par les différents paramètres de compostage. Et toutes ces interactions évoluent avec le temps, tout au long du procédé (PUJOL, 2012).

II.2.2.2. Aspects physiques

☑ Evolution de la température

Pendant les quatre (04) premiers jours du suivi, on remarque une variation de la démarrage de température entre les tas arrosés avec de la chaux et EM-1 ceux arrosés avec de l'eau.

L'étude de l'évolution de la température au cours du processus du compostage montre que la température de départ est différente selon la composition de tas (figure 2). La température quotidiennement enregistrée pendant le procédé de compostage a délimité les deux phases du processus: mésophile et thermophiles.

La température des tas croit rapidement au cours du temps pour atteindre son maximum au 21^{ème} jour (69°C). A partir du 21^{ème} jour, on enregistre des différences de température entre les tas avec la paille (T2, T3, T4) et avec les résidus de palmier dattier (T1, T5). Où T4 a atteint le plus haut degré 69°C, suivi de T1 et T3 au degré 65°C, puis T2 au degré 60°C et enfin T5 au degré 53°C. Cette élévation de température serait due à l'activité des microorganismes thermophiles qui dégradent les composés organiques (MUSTIN, 1987). En effet, par leur respiration, les microorganismes vont épuiser l'oxygène de la masse en compostage et rendre le milieu anaérobie d'où une élévation de température.

On remarque que les tas présentent à différent de la durée de phase thermophile qui est pendant de 90 jours. Lorsque la plus longue période de T2 a duré 24 jours, suivie par T4, T1 et T3 dans cet ordre 21 jours, 20 jours, 18 jours et dans le dernier T5 par 5 jours. Ces température restent inférieures à 70°C, il y a destruction par des organismes vivants et donc dégradation de la qualité du compost (GODDEN, 1986).

Cette hausse rapide de la température pourrait s'expliquer par la richesse du traitement des tas en carbone. Aussi comme rapporté par GODDEN (1986), la production de chaleur par les micro-organismes est proportionnelle à la masse du tas.

Par une opération du compostage, et suite la retournement des tas chaque une semaine pondant pour deux mois, la température commence une croissance rapide pour atteindre la valeur maximale de 40°C pendant 3 jours. C'est la durée minimale estimée pour avoir un assainissement des maladies à une température de 30°C.

La longue durée de la phase mésophile, peut s'expliquer par le fait que les traitements T5 renferment la taille de résiduel de palmier dattier très grand en plus la biodégradabilité très lent (41 jour) et peuvent donc présenter un grand aération (Très grande porosité) Cela conduit à ralentir le développement des microorganismes. Pour les traitements T1, T2, T3 et T4 pendant toute la période du compostage, les périodes de ce processus de la phase mésophile étaient proches, dans l'ordre suivant: 26 jours, 22 jours, 26 jours, 21 jours.

La multitude de phase thermophile, peut s'expliquer par le fait que les tas contient par la richesse en carbone et celle-ci riche en composés ligneux; sa décomposition nécessite plus de temps que les fumiers aussi des tas est le moins homogène. Les matières qui restent en bordure tardent à composter et elles n'augmentent en température qu'après le retournement lorsqu'elles sont introduites à l'intérieur de tas (ITAB, 2001d).

On peut considérer que la phase de maturation débute à partir du 90^{ème} jours du compostage puisque le dernier retournement du jour 75 n'a pas eu d'effet considérable sur l'élévation de la température.

A la fin les températures des tas se confondent avec la température ambiante ce qui montre qu'il n'y a plus d'activité microbienne, le compost est donc mûr et prêt à l'emploi. Il existe des tests simples pour déterminer la maturité des composts. La stabilisation de la température du compost traduit la fin de phase de dégradation intensive (PEPIN, 2008)

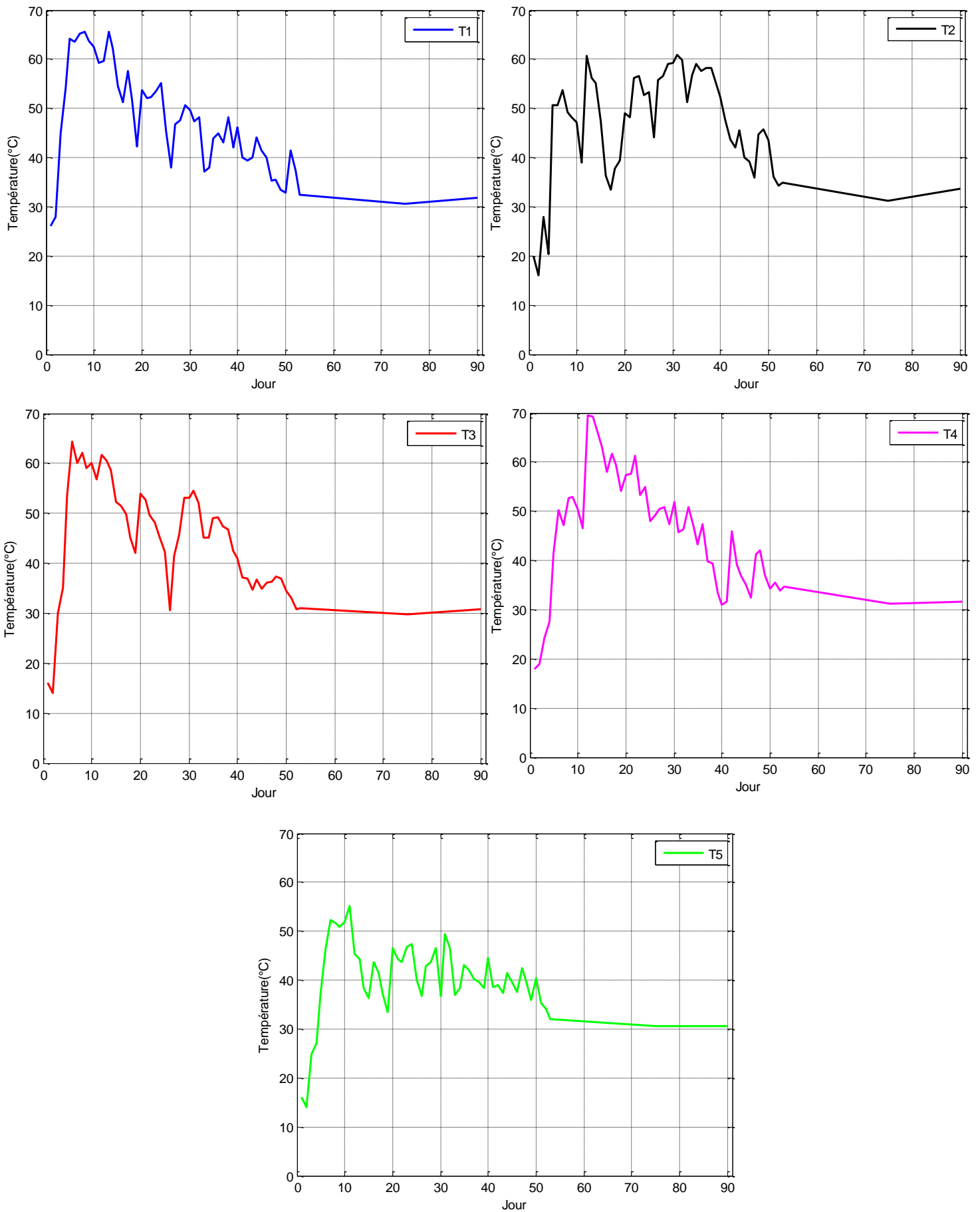


Fig.10. Evolution de la température au cours du processus du compostage

☑ Evolution du pH

D'après la courbe de l'évolution du pH au cours du processus du compostage (figure11), il paraît que tous les traitements ont au départ un pH situé entre la légère acidité et la basicité(5 et 8.93). Ce pH basique favorise le développement des actinomycètes et des bactéries alcalines (MUSTIN, 1987).

D'après LARNEY et ANGERS (2012), la valeur de pH des produits organiques n'est pas stable. Elle dépend de la composition des intrants, de la teneur en azote et de l'intensité de nitrification pendant le stockage.

Au début du compostage, les traitements T3,T4 et T5 se comportent de la même façon le pH est neutre. En effet, jusqu'à la première moitié de la durée du processus du compostage, le pH augment rapidement pour atteindre environ la valeur 8.4 pour T3, 8.55 pour T4 et 8.41 pour T5. Les traitements T1 et T2 enregistrent un pH légèrement acide respectivement pour 5 et 6 et après lancée arriver à 7.50 et 7.82 .

Au cours du compostage, les tas T1, T2, T3, T4 se comportent de la même façon : avec une augmentation de pH et en même temps perturbée alentours de la basique à l'exception T5 qui rapidement devient neutralisée.

Il y a donc probablement la production d'acides organiques. Le pH est resté basique par production du gaz ammoniacal (BERNAL *et al.* 1998) associé à la dégradation de protéines libérant des amines et à la décomposition d'acides organiques.

Il est à remarquer aux extrémités en période du compostage (90 jour) date estimée du début de la phase de maturation du compost, le pH des différents traitements demeure presque constant. Cela peut s'expliquer par l'arrêt de l'activité des microorganismes responsables de la variation du pH, c'est comme MUSTIN (1987) illustre pour les quatre phases de variations de pH(acidogènes, alcalinisation, stabilisation et phases stable proche de neutralité) et la relation entre ces variations et l'activité microbienne.

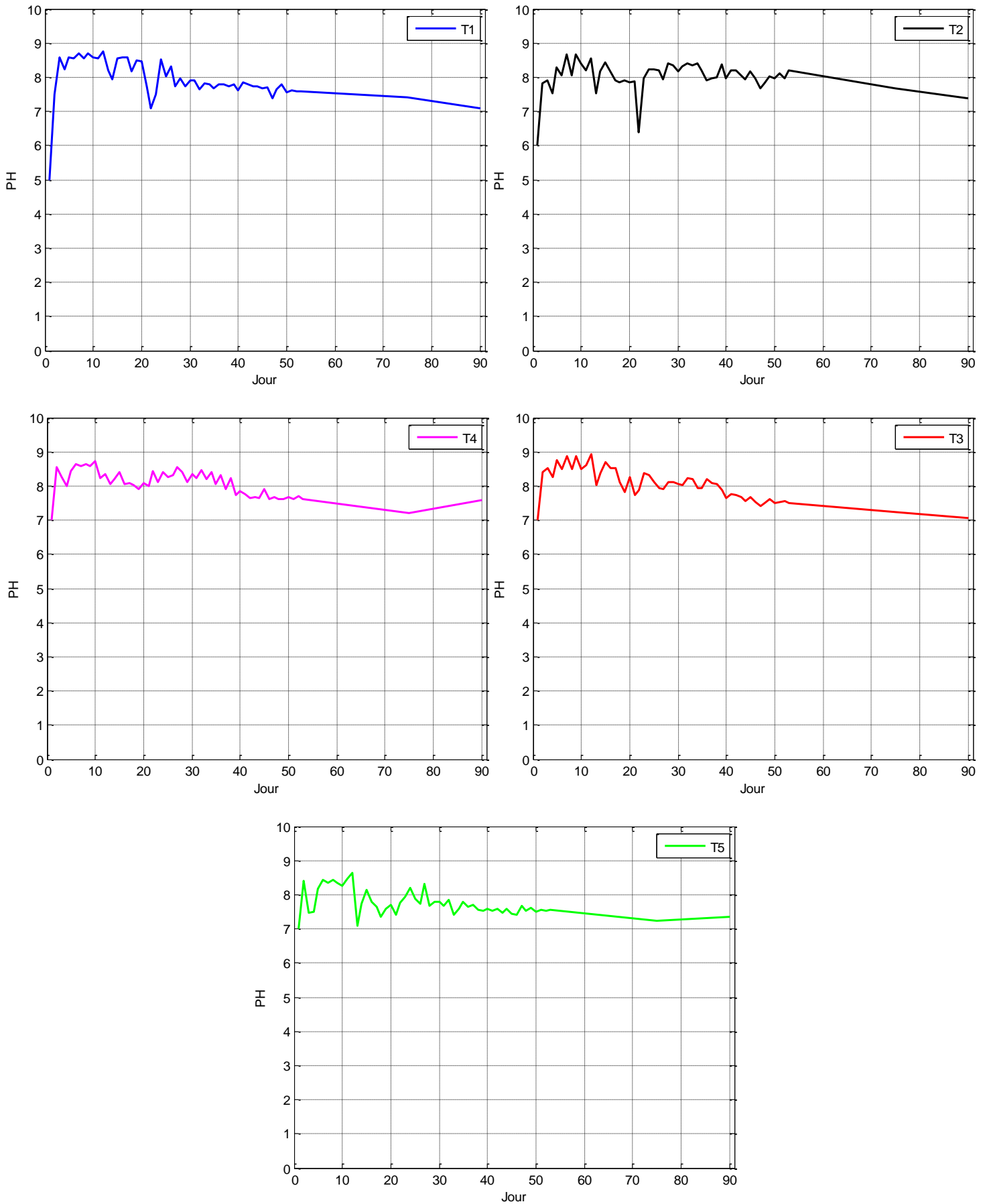


Fig.11. Evolution de la pH au cours du processus du compostage

☑ Evolution de la CE

La conductivité est en réalité très variable selon le type de compost, même si elle a une tendance naturelle à diminuer avec la progression de la maturité (ALBRECHT, 2007). 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). Le classement des produits organiques en fonction de leur conductivité électrique mesurée (jour 90) sur des extraits (1/5) est dans l'ordre croissant suivant : T5 (CE: 3.98 mS/cm) < T3 (CE: 5.01 mS/cm) < T1, T2 (CE: 5.20 mS/cm) < T4 (CE: 6.09 mS/cm) (Fig.12).

L'évolution de la conductivité électrique, montre que les différents traitements partent d'une valeur entre 3.88 et 6.23mS/cm. Au cours du processus de compostage la salinité augmenté rapidement pour atteindre des valeurs inférieures à 6.7 mS/cm aux environs du 75^{ème} jour du compostage. Il est à remarquer que les traitements (T3, T4), qui avaient au départ une salinité supérieure aux autres, ont diminué leur salinité plus rapidement que les autres (T1, T2 et T5). Cette valeur est assez élevée est peut s'expliquer par la salinité des matériaux de départ (le fumier de volailles)et l'arrosages avec une eau de fourrage à Salinité élevée (4.78 mS/cm).

A la fin du processus de compostage, les différents traitements se stabilisent aux entourages d'une valeur entre 5.4mS/cm (T1, T2, T3, T4), et 3.98 mS/cm (T5).

Ces valeurs sont proches que celles trouvées par AVNIMELECH *et al.* (1996), qui faites leur étude pendant 70 jours et remarquent une diminution au cours 35 jours de 7.5 mS/cm à 3 mS/cm.

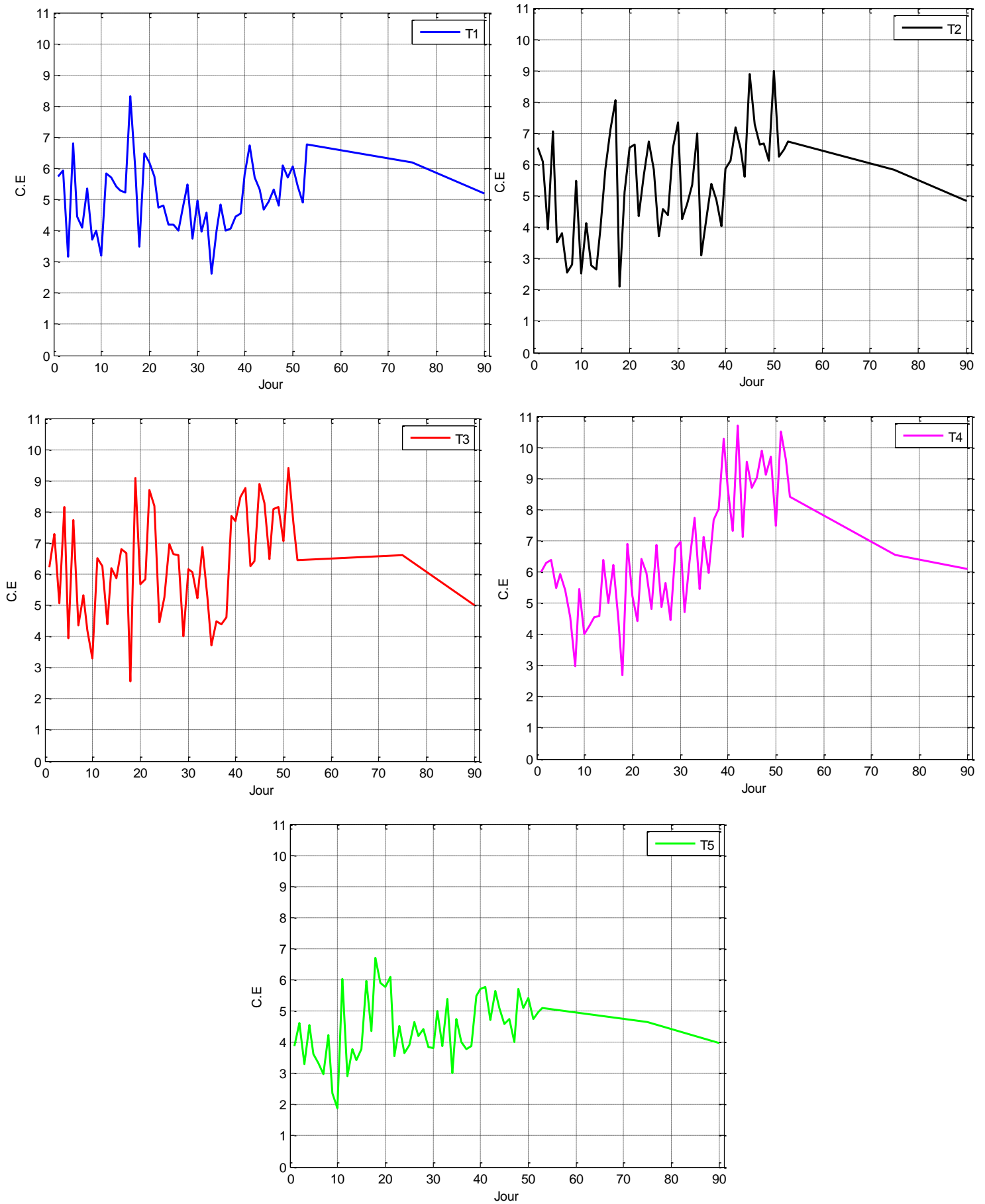


Fig.12. Evolution de la CE au cours de processus de compostage

II.2.2.3. Aspects biologiques

☑ L'indice de germination (IG)

Après dix jours, nous avons observé les premières germinations dans les deux pots utilisés (T1, T5) (Figure 13).

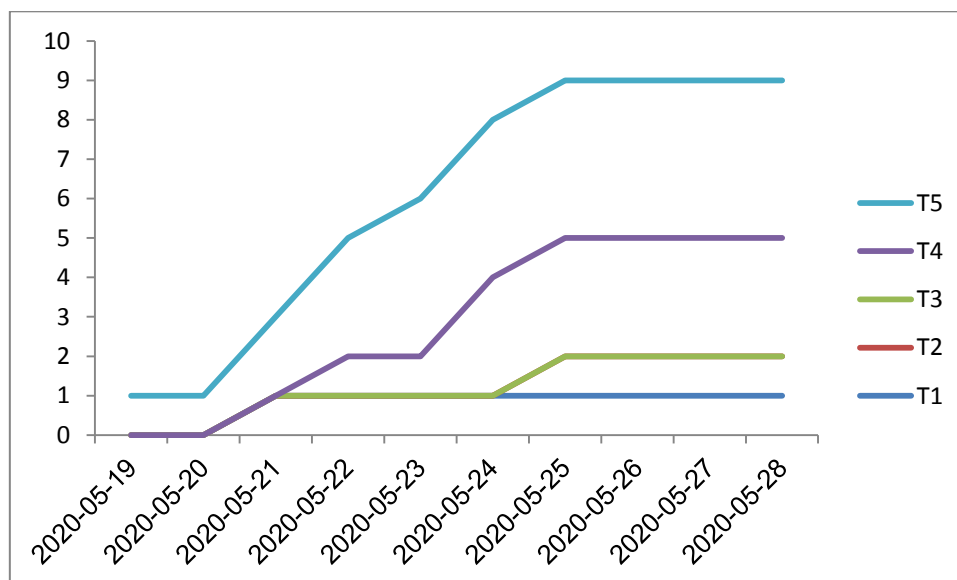


Fig.13. Indice de Germination (IG)

Après dix jours, nous avons comparé la croissance des plantules de l'orge (*Hordeum vulgare*) dans les pots, nous avons constaté que les pots (T1, T2) permet une bonne croissance des feuilles et des racines alors que les pots (T4, T5).

En calculant la longueur moyenne des racines et la longueur moyenne des tiges jusqu'au feuilles dans les pots on a établi le tableau ci-dessous:

Tableau 03: Croissance aérienne et racinaire de *Hordeum vulgare* dans les pots

Les tas	Longueur moyenne des racines (cm)	Longueur moyenne des tiges (cm)	Nombre de graines germées/Nombre totale des graines (5 graine)
T1	5.5	10	20%
T2	4.5	7	20%
T3	5	9.5	40%
T4	6	13	60%
T5	6	14	80%

Au cours de cette expérimentation nous constatons que la longueur moyenne des racines dans les pots T1, T2 et T3 est réduite que celle notée dans les pots T4 et T5, on a aussi la longueur moyenne des tiges qui est assez élevée dans les pots T4 et T5 (plus que 1 cm) comparant à celle noté dans les autres pots. On peut dire que le pouvoir de levée dans les pots T4 et T5 est élevé que celui noté dans les pots T1 et T2. Ces résultats sont justifiés par la densité des échantillons du compost utilisées .

D'autre part, le pouvoir de germination est faible pour les trois premiers pots, tandis qu'il est élevé pour T4 et T5, c'est-à-dire que les deux derniers pots ont le bon pouvoir de germination.

Le pouvoir de germination est en proportionnel avec le pouvoir de levée, ce résultat renforce et soutient la justification concernée à la densité; l'entassement de compost gênent la germination des grains et le développement des racines ou ,dans des cas, rend à l'asphyxie des grains et les racines. Pour éviter ce problème on mélange le compost avec le sol.



CONCLUSION

Conclusion

En agriculture, la pratique du compostage et l'utilisation de composts ont des implications environnementales, agronomiques et économiques. Il représente les problèmes qui concernent l'ensemble des pays, pour lesquels le maintien ou la restauration de la fertilité des sols, est indispensable pour la sécurité alimentaire des populations dans le cadre d'un développement durable.

L'objectif de ce travail consistait en un suivi du processus de compostage de déchets de différentes origines animales et végétales: la paille, le marc de café, des résidus de palmier dattier, des déchets de marché et du fumier de volailles.

Les résultats obtenus de nos expériences montrent que l'ensemble des tas ont dépassé la température de 50°C, ce qui indiquerait une bonne hygiénisation des composts. Les cinq tas présentent une phase mésophile dure entre 21 et 41 jours, tandis que phase thermophile de différentes durée (entre 5 et 24 jours).

Les valeurs de pH entre légère acidité et basique(entre 5 et 8.93), la diminution de volume de chaque tas est très variable et dépend des conditions de compostage, de sa durée et des caractéristiques de la matière première.

Les composts ont des conductivités électriques comprises entre 3.98 et 6.09 dS/m. Ce qui indique une matière qui ne pourra être appliquée en toute sécurité sur le sol.

Les différents tas présentent une granulométrie au-dessous de 10 cm, ce qui indiquerait que les composts sont en cours de décomposition. Malgré tous, les composts présentent une fraction fine, particules petites et assez homogènes, et dont la texture se rapproche de celle d'un sol.

Les résultats des analyses physiques et chimiques montrent que notre compost n'est pas arrivé à maturité, mais on a des signes sur une bonne évolution du processus de compostage sont présents, à savoir que : la disparition de l'odeur désagréable du compost de départ ; on ne distingue plus à l'œil nu les composés d'origine, un changement de couleur et une diminution de volume des tas.

• **PERSPECTIVES**

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

- Augmentation et variations de concentration de composition de compostage pour augmenter leur intérêt économique, agronomique et environnementale.
- Etudier profondément les composés finaux de compost mur par des analyses chimiques et biochimiques et évaluer la concentration des acides humiques, acides fulviques, polyphénole et déterminer les teneurs en éléments minéraux (P, K, Ca, S et N).
- Maîtriser les techniques de compostage comme le choix de la qualité d'eau utilisée au cours de l'arrosage des tas du compost (problème de la salinité).
- L'application de composte obtenu sur l'agriculteur sahariens et de suivre les résultats d'utilisation sur les cultures (légumes, arboriculture et même aux pépinières).



**Références
Bibliographiques**

Références bibliographiques

1. Ademe, 2015. LE COMPOSTAGE, Développement durable et de l'Energie et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, Fiche technique Prévention/Gestion de proximité des bio-déchets, 20 avenue du Grésillé, pp: 5-6.
2. 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 Cezanne Aix-Marseille III, France, 189 p.
3. Anonyme, 2002. Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management 7-10, Tunis (EPCOWM), p.349-356.
4. Aubineau M., Bermond A., Bougler J., 2002. *Larousse agricole*, Edition Larousse, France, 617p.
5. Bernal M.P., Sanchez-Monedero M.A., Paredes C., Roig A., 1998. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 69(3), 175-189.
6. Calmets I., 2012. la bonne technique compost le recyclage utile de vos déchets, Artémis, Losange; 65p.
7. Carretier D., 2017. guide de compostage à la ferme, chambre d'agriculture France.
8. Charnay F., 2005. *Compostage des déchets urbains dans les PED : Elaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost*. Thèse de Doctorat. Université de Limoges. France, 229p.
9. Chenni K., Maghlouche Y., 2013. *Compostage des déchets verts ; cas de la station bio compost d'EL-KSEUR*. Thèse Master Sciences Naturelles de l'Environnement, Univ. ABDRAHMANE MIRA, Bejaïa, 111 p.
10. Deborah L., Martin, Grace Gershuny, 1992.- *The Rodale Book of Composting*, Édition : Rodale press, Pennsylvania, E.U, 278 p.
11. Felix D., 2015. *Les microorganismes efficaces (EM) compilation de documents et témoignages cubains sur le fonctionnement, la production artisanale et l'usage de microorganismes efficaces en milieu paysan*, Indio Hatuey, pp:4.
12. Fortin A., HENAULT-ETHIER L., 2009. *Guide technique pour le compostage sur site en I.C.I.*, Edition Université Concordia, Canada, 302 p.
13. Francou C., 2003. Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage –

- Recherche d'indicateurs pertinents, Thèse de Doctorat, Institut national agronomique Paris- Grigon, 289p.
14. Gobat J.M., Aragno M., Matthey W., 1998. Le sol vivant. Bases de la pédologie. Biologie des sol. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Collection Gérer l'Environnement N°14. Lausanne, Suisse. pp : 519.
 15. Godden B. 1986. *Etude du processus de compostage du fumier de bovin. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques*, Université Libre de Bruxelles. Laboratoire de microbiologie, 136 pages.
 16. Groult J.M., 2009. *Faire son compost. Toutes les méthodes pour toutes les surfaces de jardin*, Edition Ulmer, France, 64p.
 17. Hoitink H.A.J., 1995. The Composting Process. Cité par ITAB (2001). Guide des matières organiques. Tome 1 . Deuxième édition 2001 .
 18. ITAB, 2001. Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001p 105-106.
 19. Jonoobi M., 2019. *A Review on Date Palm Tree: Properties, Characterization and Its Potential Applications*, Journal of Renewable Materials, JRM, 2019, vol.7, no.11.
 20. Karambiri S., 2007. Déterminants socio-économiques de l'adoption de la pratique du compostage à l'aide de l'actif *Compost Plus*: Cas des provinces de la Sissili, du Ziro et du Koulpélogo. Thèse, licence, Univ.Polytech. BOBO-DIOULASSO, BURKINA FASO, 40p.
 21. Larney F.J., Angers D.A. 2012. The role of organic amendments in soil reclamation: A review. *Canadian Journal of Soil Science*, 92(1), 19-38.
 22. Michal Lehnert, Mark De Ste Croix, Zuzana Xaverova, Michal Botek, Renata Varekova, Amr Zaatar, Ondrej Lastovicka, Petr Stastny, 2018. Changes in Injury Risk Mechanisms After Soccer-Specific Fatigue in Male Youth Soccer Players, *Journal of Human Kinetics* volume 62/2018, 33-42 DOI: 10.1515/hukin-2017-0157
 23. Michaud L., 2004. *Le jardinage éconologique: quand économie rime avec écologie*, Edit. MultiMondes, Canada, 178p.
 24. Michaud L., 2007. *Tout sur le compost : le connaître, le faire, l'acheter et l'utiliser*, Edit. MultiMondes, Canada, 230 p.
 25. Misra R.V., Roy R.N., Hiraoka H., 2005. Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole, FAO, Rome, pp: 01.
 26. Mustin M., 1987. *Le Compost, Gestion de la Matière Organique*, F. Dubusc eds, pp. 957, Paris.
 27. Ould El-Hadj M.D., 2004. Le problème acridien au Sahara algérien. Thèse Doctorat, Inst.nati.agro., El Harrach, 276 p.

28. Pepin D., 2008. Le compostage et paillage au jardin : recycler, fertiliser, Edition Terre vivante, p.160.
29. Peters J.B; Combs S., Hoskins B., Jarman J., Kovar J., Watsan M., Wolf A., Wolf N., 2003. Recommended method of manure analysis. Cooperative extension publishing. 58 p.
30. Pujol A., 2012. *Modélisation du procédé de compostage – Impact du phénomène du séchage*, Thèse doc. Université De Toulouse, 268 p.
31. Ramade F., 2003. Eléments d'écologie-écologie fondamentale. Ed. Dunod. Paris, 690p.
32. Román P., Martínez M.M., Pantoja A., 2015. *farmer's compost handbook experiences in latin America*, Edition. FAO, 95p.
33. Sangare A., 1993. Le compostage, fiche technique. IER / SOTUBA (Bamako) / 5 pages.
34. SANGARE A., 1993. Le compostage, fiche technique. IER / SOTUBA (Bamako) / 5 pages.
35. Ukondalemba M., 2016. *Caractérisation et tests de traitement des déchets ménagers et boues de vidange par voie anaérobie et compostage pour la ville de Kinshasa*; thèse. Doc; univ. De liège,Belgique, 292 p.
36. Voisin P., 2004 - *Le Souf*, Ed. El-Walid, El-Oued, 190p.
37. Znaïdi I.A. 2002. *Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes*. Master Of Science Degree Mediterranien Organic Agriculture, C.I.H.E.A.M Mediterranien Agronomic Institute Of Bari, Italie: 104p.

Site internet:

38. <http://www.compagnons-des-jardins.com/compostage-historique/>

A decorative border in a dark brown color, resembling a scroll. It has rounded corners and a vertical strip on the left side that looks like a scroll's edge. The word "Annexe" is centered within this border.

Annexe

Annexe 01 : problèmes et solutions vus au cours de compostage (Michaud, 2004)

PROBLÈMES	CAUSES	SOLUTIONS
Odeur d'ammoniac	Trop de matériaux très riches en azote (problème des rognures de pelouse).	Ajoutez des matériaux riches en carbone et retournez le tas. Laissez sécher partiellement les rognures de pelouse avant de les mettre dans le composteur.
La décomposition ne semble pas s'amorcer, la température augmente peu.	Méthode d'accumulation graduelle ou volume trop petit.	Optez pour la méthode de compostage à chaud (pâté chinois).
	Trop de matériaux bruns ou Manque de micro-organismes.	Ajoutez des matériaux azotés et (ou) de la terre puis mélangez ou retournez le tas.
	Trop sec.	Humidifiez.
Odeur de putréfaction	Présence de matériaux non recommandés.	Évitez tous les matériaux non recommandés.
	Quantité importante de résidus de cuisine.	Ajoutez une pelletée de terre et (ou) de matériaux bruns et mélangez ou retournez le tas.
	Tas trop humide.	Découvrez le tas par temps sec.
	Tas trop compacté.	Mélangez ou retournez le tas.
Présence de vermine (mouffettes, rats-laveurs, rats)	Présence de matières non recommandées ou habitat favorable à ces animaux... (campagne!).	Éliminez tous les matériaux non recommandés. Installez un couvercle solide. Installez, sous le composteur, un grillage fin (mailles de 1 cm).
Présence de mouches	Présence de matériaux non recommandés.	Éliminez tous les matériaux non recommandés.
	Mauvais recouvrement des résidus de cuisine.	Assurez-vous de toujours enfouir les résidus de cuisine ou les recouvrir de matériaux riches en carbone.

Annexe 02: Quelques méthodes de compostages aérobies (MISRA *et al.*, 2005)

Méthode	Caractéristiques principales					Durée
	Réduction de la taille du substrat	Intervalle entre les retournements (jours)	Apport d'un surplus d'aération	Inoculation microbienne	Amélioration de la nutrition microbienne	
Fosses Indore	/	+15, +30, +60	/	Inoculum des anciennes fosses	/	4 mois
Tas Indore	Hachage	+42, +84	/	/	/	4 mois
Fosse chinoise	/	+30, +60, +75	/	/	Superphosphate	3 mois
Compost chinois à haute température	Hachage	+15	Trous d'aération dans le tas grâce à des tiges de bambous / tiges de maïs	/	Superphosphate	2 mois
Compostage à la ferme	/	+21	Treillage de branches mortes / bâtons à la base du tas	/	/	2-3 mois en été; 5-6 mois en hiver
Compostage rapide Berkley	Broyage	Retourne ment quotidien ou un jour sur deux	/	/	/	2 semaines avec retournement quotidien et 3 semaines avec retournement un

						jour sur deux
Compostage à chaud	Hachage	+3 ou +4	4–5 trous au centre du tas	/	0,12 kg N pour 90 cm de matière sèche	4–6 semaines
Compostage rapide basé sur les microorganismes efficaces (ME)	/	+14, +21	/	ME	Mélasses	4–5 semaines
Compostage rapide	Hachage	+7, +14, et ensuite chaque deux semaines	Plate-forme surélevée / tiges de bambous perforées	<i>Trichoderma</i> sp.	/	3–7 semaines

Résumé

Le présent travail s'inscrit dans le contexte contribution à l'étude de fabrication d'un compost à base de fumier et des débris végétaux, cette étude ou expérimentation a lieu à El Oued au station de Dhaouia pendant 90 jours.

Pour l'exploitation au maximum on utilise le fumier de volailles et différents types de débris végétaux disponibles localement dans la région d'étude. La maturité et la valeur agronomique des produits finis ont été examinées; les résultats obtenus visuels et chimiques ont montré que les fractions organiques des déchets solides pourrait être composté presque en total et peut les appliquer comme compost. Les cinq tas ont subi de tous les processus de compostage et au phase thermophile les températures enregistrées entre 53 et 69 °C., le pH entre acide léger et basique tandis que la C.E enregistrée entre 3 et 6.09 dS/m. Le test de levée et germination allant entre 20 et 80%.

Mots clés: *compost – El oued- fumier - débris végétaux- compostage-maturité.*

ملخص:

هذا العمل هو جزء من المساهمة في دراسة صنع كمبوست من الروث وبقايا النبات ، هذه الدراسة أو التجربة تجري في الوادي في محطة الضاوية لمدة 90 يوماً.

لتحقيق أقصى قدر من الاستغلال، قمنا باستخدام سماد الدواجن وأنواع مختلفة من بقايا النباتات المتوفرة محلياً في منطقة الدراسة. تم فحص النضج والقيمة الزراعية للمنتجات النهائية ؛ حيث أوضحت النتائج المرئية والكيميائية التي تم الحصول عليها أن الأجزاء العضوية من النفايات الصلبة تحولت إلى سماد بصفة شبه تامة كما يمكن استغلالها على شكل كمبوست. خضعت الأكوام الخمسة لجميع مراحل صناعة الكمبوست حيث أنه في الطور المحبب للحرارة ، سجلت درجات الحرارة بين 53 و 69 درجة مئوية، من ناحية أخرى فإن درجة الحموضة كانت بين قليلة الحموضة وقلوية بينما كانت درجة الناقلية الكهربائية المسجلة بين 3 و 6.09 ديسيمنز/متر. في حين أظهرت نتائج اختبار الإنبات والإنبات نسب بين 20 و 80%.

الكلمات المفتاحية: *الكمبوست – الوادي- السماد –بقايا النبات – النضج.*

Abstract

This work is part of the contribution to the study of making compost from manure and plant debris, this study or experiment is taking place in El Oued in station of Dhaouia during 90 days.

To achieve a maximum of the exploitation, we used poultry manure and various types of plant debris locally available in the study area. The maturity and the agricultural value of the final products were examined; where the visible and chemical results obtained showed that the organic parts of the solid waste turned into fertilizer almost completely and can also be used as compost. The five piles underwent all phases of the composting industry as in the granulated phase, temperatures were recorded between 53 and 69 °C., on the other hand the pH was between low pH and basic while the degree of electrical conductivity recorded was between 3 and 6.09 dS/ m. While the results of the germination and germination test showed ratios between 20 and 80%.

Key words: *compost- El Oued- manure- plant debris- maturity- composting.*