



**DEPARTEMENT D'AGRONOMIE**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

*Pour l'obtention du diplôme de*

**(MASTER EN AGRONOMIE)**

**Spécialité : Gestion conservatoire de l'eau, des sols et de  
L'environnement**

**THEME**

**Etude et Valorisation du Fumier Bovin par  
Compostage**

**PRÉSENTÉ PAR :**

*RAMLI BEKHALED*

*YAKER AKILA*

**DEVENT LE JURY**

<b>Président</b>	<i>M.Ghelamallah Amine</i>	<i>MCA</i>	<i>U Mostaganem</i>
<b>Encadreur</b>	<i>M.Reguieg Yssaad Larbi</i>	<i>MAA</i>	<i>U Mostaganem</i>
<b>Co encadreur</b>	<i>M. Saci Belgat</i>	<i>MCB</i>	<i>U Mostaganem</i>
<b>Examineur</b>	<i>M.Bessafi Laid</i>	<i>MAA</i>	<i>U Mostaganem</i>

**Année universitaire : 2018-2019**

## *REMERCIEMENT*

Avant tout, je remercie **Dieu**, le tout puissant, de m'avoir donné la chance, la volonté, la force et le courage nécessaire pour réaliser ce travail.

A l'issue de ce travail de recherche, Ainsi, je tiens à exprimer, dans ces trop brèves formules, mes très sincères remerciements ;

En premier lieu, à exprimer mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance à M.REGUIEG YSSAD LARBI il trouvera ici mes vifs et sincères remerciements pour l'encadrement, les conseils et le soutien constant qu'il m'a assuré. Il trouvera aussi l'expression de mon profond respect.

Il m'est très agréable de remercier M.SACI BELGAT, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de ce travail. Ainsi que pour son aide précieuse, ces conseils lors de la réalisation de ce travail.

Mes sincères remerciements et ma gratitude s'adressent à l'ensemble des membres du jury M. GHELAMALLAH AMINE et Mr BENSAFI, qui ont bien voulu nous honorer par leur évaluation de ce mémoire. Je leur exprime ma profonde reconnaissance.

J'exprime ma gratitude à tous mes enseignants tout au long de mon parcours universitaire, pour leur formation.

Enfin, Je tiens particulièrement à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Qu'ils puissent trouver ici, toute ma reconnaissance.

## *DÉDICACE*

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

### **A mes très chers parents ;**

Aucun mot si sacré soit-il, ne suffira à apprécier à sa juste valeur, le soutien matériel et spirituel, les sacrifices que vous ne m'avez cessé de déployer.

Je vous offre en guise de reconnaissance, ce modeste travail en vous souhaitant santé, bonheur et longue vie.

A mon idole, mon père, je dédie ce travail, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études. J'espère qu'il accepte cet humble geste comme preuve de ma reconnaissance.

A ma chère mère, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

**A mes très chers grands parents ;** ceci est ma profonde gratitude pour votre éternel amour, que ce mémoire soit un cadeau que je puisse vous offrir.

**A mes chers frères et sœurs ;** (Hamada, Nour elHouda & Manel)

Je vous dédie ce travail en témoignage des liens solides et intimes qui nous unissent, et pour leurs soutiens, encouragements toute en vous souhaitant un avenir plein de succès et de bonheur.

A toute ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité, qui m'ont soutenu et qui me soutient encore.

A tous mes amis, plus particulièrement « Lalia et Rania », qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

Akila

## **DEDICACE**

*Je remercie tout d'abord, Allah, le tout puissant et clément, de m'avoir aidé A réaliser ce travaille*

*À réaliser ce travail. Je le dédie aux êtres les plus exceptionnels qui existent dans le monde,*

*Mes parents, qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur soutien tout Au long de mes études qu'Allah me les garde. Mes pensées vont également à tous ceux qui m'aiment et spécialement À mes adorables Frères et Sœurs.*

*A toute la famille RAMLI sans exception.*

*A mes directeurs de stage M. SACI BELGAT et M. REGUIEG YASSAD LARBI qui méritent tout mon respect.*

*A ma promotion de GCSEE.*

*A tous mes amis HANAFI, HADJ, YUCEF, KAMEL, HICHAM, KADER, YASSINE, AMINE, HOUARI, KARRIM, ABDELRAZEK, ABD EL HAKE*

*-A ma très chère collègue : MOUNIRA, HOURIA, KARIMA, AKILA, ZAHRA.*

*Toutes ma promotion GCSEE*

*Je dédie cet humble travail à toute personne qui m'a aidé de près ou de loin sans exception, à le réaliser.*

*Bekhaled*

## SOMMAIRE

Dédicaces  
Remerciements  
Liste des figures  
Liste des photos  
Liste des tableaux

**Introduction** ..... 1

### CHAPITRE I

#### ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

<b>I. Le compostage</b> :	3
I.1. Définitions :	3
I.2. Le processus du compostage :	4
I. 3. Les phases du processus de compostage :	5
I. 3.1. La phase mésophile (A) :	5
I. 3.2. La phase thermophile (B) :	5
I.3.3. La phase de refroidissement (C) :	6
I.3.4 La phase de maturation (D) :	6
I.4. Les êtres vivants et le compostage :	7
I.5. Evolution des éléments chimiques et biochimiques :	8
I.6. Les paramètres du compostage :	10
I.6.1. Température :	10
I.6.2. Humidité :	11
I.6.3. Aération :	12
I.6.4.PH :	12
I.7. Le rapport Carbone/Azote (C/N) :	13
I.8. Intérêt du compostage :	14
I.8.1. Réduction des volumes :	14

I.8.2. Concentration en éléments minéraux : .....	14
I.8.3. Assainissement vis à vis des adventices : .....	14
I.8.4. Assainissement vis-à-vis des agents pathogènes et parasites des animaux : .....	15
I.8.5. Destruction partielle ou totale des résidus de produits phytosanitaires : .....	15
I.8.6. Absence d'odeur désagréable : .....	16
I.8.7. Homogénéité du produit fini : .....	16
I.8.8. Limitation des pertes d'azote nitrique : .....	16
I.8.9. Lutte contre les maladies des plantes : .....	16
I.9. Exemples de compostage de matières organiques : .....	16
I.9.1. Le fumier bovin : .....	16
I.9.1.1 Définition : .....	16
I.10. Conditions réglementaires de l'utilisation des composts en agriculture : .....	20
I.11. Principales pertes en éléments : .....	21
I.11.1. Les pertes en éléments fertilisants sont .....	21
I.12. Valeur agronomique d'un compost .....	21
I.12.1. Effet du compost sur le sol .....	22
I.12.2. Effet fertilisant .....	22
I.13. Stabilité et maturité .....	22

## Chapitre II

### Partie expérimentale

<b>II. Approche méthodologique : .....</b>	<b>23</b>
II.1. Présentation du site d'étude : .....	23
II.2.1. Diagrammes climatique Mostaganem .....	23
II.2.2. Courbe de la température de Mostaganem .....	24
II.2.3. Tableau climatique de Mostaganem .....	24
II.3. Etapes de confection du compost : .....	25

---

II.4. Dispositif expérimental : .....	25
II.4.1. Méthodologie : .....	25
II.4.2. Matériels utilisés : .....	26
II.4.3 : Les étapes de valorisation du fumier bovin : .....	28
II.5. Méthode d'analyse : .....	29
II.5.1. Observation sur site : .....	29
II.5.1.1. Observations visuelles : .....	29
II.5.1.2 Tests de températures .....	29
II.5.1.3. Tests d'humidité : .....	30
II.6. Evaluation de la maturité du compost : .....	30
II.6.1. Analyses au laboratoire : .....	30
II.6.2. Echantillonnage : .....	31
II.6.2.1. Préparation de l'échantillon : .....	31
II.6.2.2. Les paramètres analysés : .....	31
II.7. Caractérisations des paramètres physiques et chimiques : .....	32
II.7.1. Mesure de la température : .....	32
II.7.2. Mesure du Ph : .....	32
II.7.3. Conductivité électrique : .....	32
II.7.4. La capacité d'échange cationique : .....	33
II.7.4.1. Introduction : .....	33
II.7.4.2. La détermination de la C.E.C .....	33
II.7.4.3. Mode d'opérateur : .....	33
II.7.5. Matière organique et dosage du carbone : .....	35
II.7.5.1. Préparation des solutions : .....	35
II.7.5.2. Mode opératoire : .....	35
II.7.6. Dosage de l'azote : .....	36
II.7.7. Rapport C/N : .....	36

---

## CHAPITRE III

### Résultats et discussions

<b>III. Résultats et discussions :</b> .....	37
III.1. Suivi du compostage : .....	37
III.1.1. Compost obtenu : .....	37
III.1.2. Aspects physiques et chimiques : .....	37
III.1.2.1. Evolution de PH : .....	37
III.1.2.2. Evolution de température : .....	38
III.1.2.3. Humidité : .....	40
III.1.2.4. Matière organique et carbone organique : .....	41
III.1.2.5. Conductivité électrique : .....	42
III.1.2.6. Capacité des échanges cationique : .....	43
III.1.2.7. Les minéraux : .....	44
III.1.2.8. Evolution d'azote : .....	44
III.1.2.9 Rapport C/N : .....	45
Conclusion .....	46
Références bibliographiques	
Résumé	

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 :</b> Quantité d'êtres vivants intervenant à un moment ou à un autre pendant le compostage (Zeglels et Masscho,1999).....	7
<b>Tableau 2 :</b> Flores contribuant au compostage (Mustin,1987). ....	8
<b>Tableau 3 :</b> Conditions opératoires nécessaires pour une mise en œuvre optimale d'un procédé de compostage (HUMEAU et LECLOIREC, 2006). ....	20
<b>Tableau 4 :</b> principales pertes en élément .....	21
<b>Tableau 5 :</b> Tableau climatique de Mostaganem.....	24
<b>Tableau 6 :</b> les étapes de valorisation du fumier bovin.....	28
<b>Tableau 7 :</b> évolution des poids au cours de compostage.....	37
<b>Tableau 8:</b> Evolution de PH.....	37
<b>Tableau 9:</b> Evolution de température.....	38
<b>Tableau 10:</b> Hygiénisation du compost en fonction de la température (adapté de knoll, 1969In Heynitz, 1985).....	39
<b>Tableau 11 :</b> les valeurs de Carbone, Matière organique.....	41
<b>Tableau 12 :</b> Définition des classes de maturité des composts à partir de la production du Carbone organique total après trois mois de compostage (Francou, 2003 in Annabi, 2005)...	41
<b>Tableau 13 :</b> Evolution de CE.....	42
<b>Tableau 14:</b> Valeur de CEC.....	43
<b>Tableau 15 :</b> Valeur moyenne du réservoir de fertilité de la CEC (optimum 11 à 19).....	43
<b>Tableau 16 :</b> les valeurs de différents élément fertilisants.....	44

## LISTE DES FIGURE

<b>Figure 1</b> : processus des compostages source CHARNAY ,2005.....	4
<b>Figure 2</b> : Exemple d'évolution de température pendant le compostage d'un fumier de bovins(Golden, 1995).....	4
<b>Figure 3</b> : Exemple d'une coupe d'un andain en phase thermophile, montrant l'hétérogénéité des températures (Gobat et al., 1998).....	5
<b>Figure 4</b> : Allure théorique de l'évolution des températures au cours du compostage Source : KABÜRFigure 5 E, 2010.....	11
<b>figure 5</b> : Evolution du PH.....	13
<b>Figure 6</b> : principe du compostage de fumier .....	17
<b>Figure 7</b> : Les pertes en éléments fertilisants .....	21
<b>Figure 8</b> : diagrammes climatique Mostaganem .....	23
<b>Figure 9</b> : Courbe de la température de Mostaganem .....	24
<b>Figure 10</b> : Schéma illustrant le niveau de mesure de la température avec le Thermomètre à sonde.....	30
<b>Figure 11</b> : Evolution du pH au cours du compostage.....	38
<b>Figure 12</b> : Evolution de la température dans le lot de compost au cours du processus de compostage.....	39
<b>Figure13</b> : Evolution de CE.....	42

## LISTE DES PHOTOS

<b>Photo 01</b> : le site D'expérimentation (Hessi Mamache Mostaganem) .....	23
<b>Photo 02</b> : Tracteur a remorque de benne.....	26
<b>Photo 03</b> : Brouette.....	26
<b>Photo 04</b> : Pelle, râteau.....	26
<b>Photo 05</b> : Tare de pascalle.....	26
<b>Photo 06</b> : Compresseur .....	26
<b>Photo 07</b> : fumier bovin.....	26
<b>Photo 08</b> : plateforme .....	27
<b>Photo 09</b> : mise en andain.....	27
<b>Photo 10</b> : l'arrosage.....	27
<b>Photo 11</b> : Retournement .....	27
<b>Photo 12</b> : criblage.....	28
<b>Photo 13</b> : Test de température.....	29
<b>Photo 14</b> : teste de l'humidité.....	30
<b>Photo 15</b> : teste de PH .....	32
<b>Photo 16</b> :test de conductivité électrique.....	32
<b>Photo 17</b> : détermination du CEC.....	34
<b>Photo 18</b> : dosage de carbone et matière organique .....	35
<b>Photo 19</b> : dosage de l'azote.....	36
<b>Photo 20</b> : Différence d'humidité en fonction de la hauteur.....	40

### **Introduction :**

La croissance démographique et le développement industriel ont permis de réaliser des progrès considérables notamment en matière de production agricole. Ce progrès s'accompagne d'une dégradation environnementale. Il s'agit de la production de déchet et de la surexploitation des sols.

Tout ceci occasionne une diminution de la fertilité des sols et une accumulation de substances toxiques.

La gestion des déchets a accumulé des années de retard où elle consiste en la collecte auprès des ménages et en l'enfouissement à la décharge finale. Ces décharges n'étant pas bien aménagées, les risques de contamination des sols, des eaux de surfaces et souterraines et l'émission dans l'atmosphère des gaz à effet de serre sont plus grands. Il s'avère alors nécessaire de réfléchir à une politique de gestion de la composante environnementale, intégrant les données réelles de l'évolution et de développement de la société. Une solution adéquate devant permettre d'atténuer les problèmes environnementaux avec un coût non prohibitif sera la valorisation des déchets.

La valorisation des déchets est un mode de traitement visant à réduire leurs effets nuisibles et à obtenir de nouveaux produits utiles pouvant contribuer à limiter l'utilisation des matières premières non renouvelables et des produits purement chimiques.

On distingue plusieurs méthodes de valorisation ou de traitement des déchets parmi lesquelles on peut citer :

- Le recyclage
- La récupération ou la réutilisation
- La valorisation énergétique qui se manifeste soit par l'incinération des déchets avec production de l'énergie et des mâchefers pour les travaux publics ou soit la méthanisation qui est une fermentation anaérobie avec production du biogaz (méthane, ammoniac ...).
- La valorisation biologique (compostage) qui a fait l'objet de ce travail.

Le compostage, processus de transformation des matières organiques biodégradables, est préconisé par de nombreux auteurs pour améliorer la fertilité des sols en agriculture.

Il contribue à réduire l'émission des gaz à effet de serre dans « le secteur déchets », et par conséquent, lutte contre le réchauffement climatique.

Le plus souvent les composts élaborés à partir des déchets ménager et industriels présentent des insuffisances sur le plan agronomique par leurs faibles teneurs en phosphore, azote, potassium ou oligo-éléments. L'élaboration de nouveaux types de composts à base de la matière organique et des matériaux tels que le fumier, les phosphates naturels et la cendre devient une priorité pour une agriculture biologique.

L'agriculture biologique est un système de gestion de la production qui évite l'utilisation des engrais synthétique, des pesticides et des organismes génétiquement modifiés, réduisant ainsi la pollution de l'air, du sol et de l'eau. Elle permet de garder le sol dans un état sain, fertile et naturel.

## **I. Le compostage :**

### **I.1. Définitions :**

La définition du compost n'est pas une chose facile car c'est un processus complexe, plusieurs interprétations du compostage peuvent exister selon que les auteurs prennent en compte le caractère naturel des transformations observées et des réactions biochimiques ou la maîtrise de la technique par l'homme.

Pour Gottschalk et al. (1991), le compostage est la culture de la faune et de la flore naturelle du sol activées par aérations du tas. Mustin (1987) le considère comme étant un procédé biologique assurant la décomposition des constituants organiques des sous-produits. Quant aux suisses 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.

Hokitika (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 précise du processus reste celle de Golden (1986) qui désigne par le compostage un processus de transformation biologique de matériaux organiques divers. C'est un processus oxydatif qui comprend une phase thermophile.

Les produits formés sont principalement du CO<sub>2</sub> et un produit stabilisé :

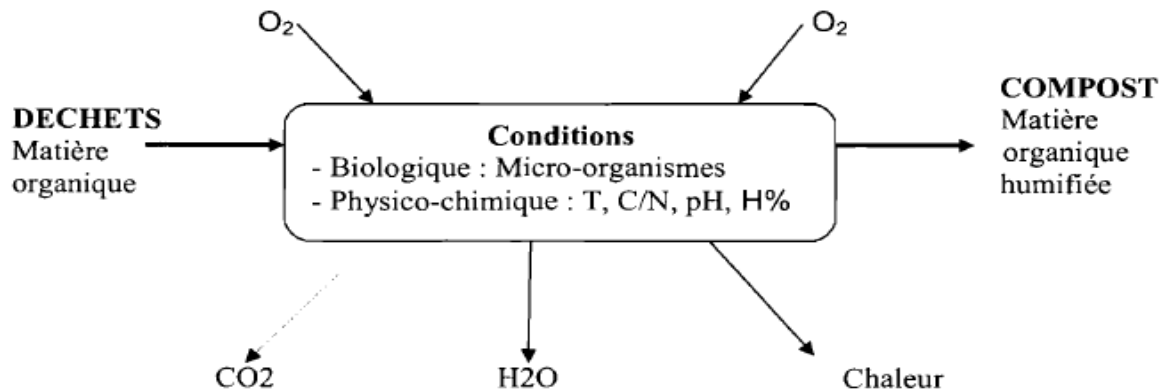
Le compost mûr. Les déchets organiques de départ sont colonisés, transformés par une succession de différentes populations microbiennes. Chacune de ces populations modifie le milieu puis est remplacée par d'autres mieux adaptées à ces nouvelles conditions.

D'après l'ITAB(2001d), d'autres définitions peuvent être retenues en fonction du type de produit à traiter ou en fonction de l'objectif du compostage recherché. La nécessité d'une définition est très liée au règlement européen sur l'agriculture biologique, qui oblige au compostage de certaines déjections mais sans en donner de définition.

Le compostage est donc un processus de décomposition et de transformation contrôlées de déchets organiques biodégradables d'origine végétale et/ou animale, sous l'action de populations microbiennes diversifiées évoluant en milieu aérobie.

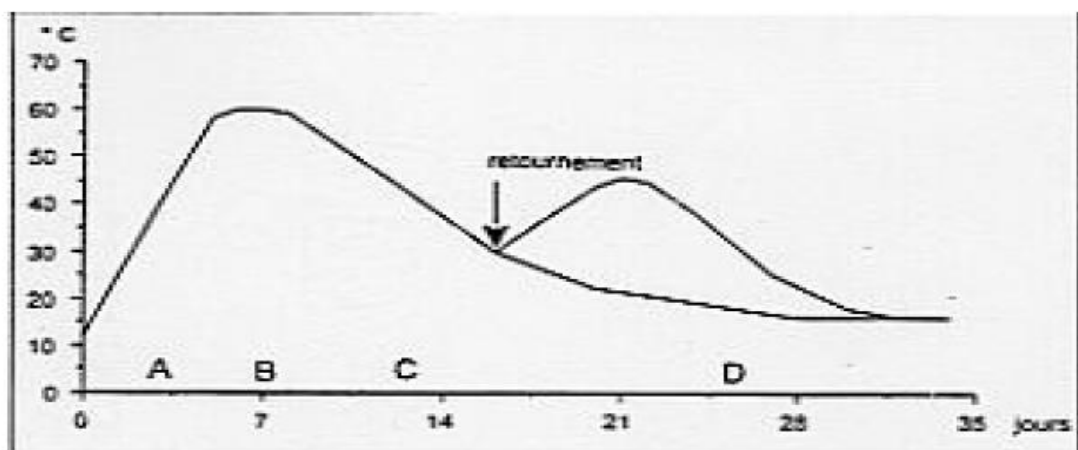
## I.2. Le processus du compostage :

Le processus de compostage peut être décomposé en 4 phases. Plusieurs paramètres (température, PH, taux d'oxygène...) présentent des variations au cours du compostage. L'évolution de la température, qui exprime l'activité de la succession de populations microbiennes liées aux modifications du milieu, est la manifestation la plus perceptible de la dynamique du compostage. Elle permet de distinguer quatre phases (figure1).



**Figure 1 :** Processus de compostage

Source : CHARNAY ,2005



**A : phase mésophile**

**B : phase thermophile**

**C : phase de refroidissement**

**D : phase de maturation**

**Figure 2 :** Exemple d'évolution de température pendant le compostage d'un fumier de bovins (Golden, 1995).

### I. 3. Les phases du processus de compostage :

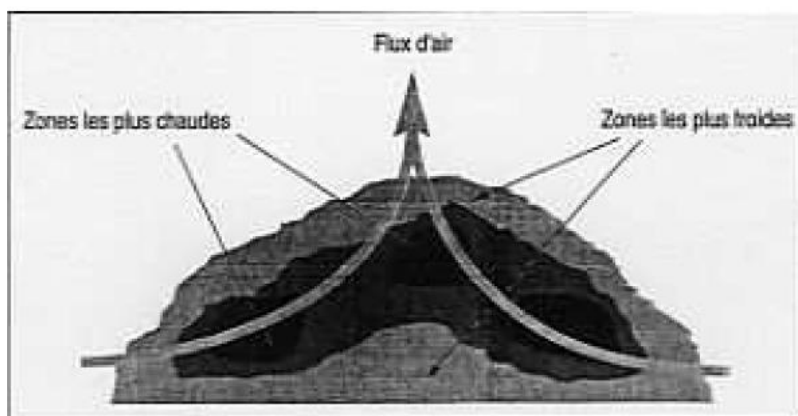
#### I. 3.1. La phase mésophile (A) :

C'est la phase initiale de compostage. Les matières premières sont envahies par les micro-organismes mésophiles indigènes (bactéries et champignons essentiellement) ; leur activité engendre une montée en température (de 10-15°C à 30-40°C) un dégagement important de CO<sub>2</sub> (d'où la diminution du rapport C/N) ainsi qu'une acidification.

La dégradation de la cellulose durant cette phase est responsable de plus de 75% de la perte de poids sec.

#### I. 3.2. La phase thermophile (B) :

Elle est atteinte au centre du tas, à des températures élevées (de l'ordre de 60 à 70°C) pour les composts agricoles, aux quelles ne résistent que des microorganismes thermo tolérants ou thermophiles (arrêt de l'activité des champignons développement des actinomycètes et des bactéries thermophiles). Les pertes en azote, minéralisé sous forme ammoniacale (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) qui peut être volatilisé sous forme d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) dans certaines conditions, ainsi que l'évaporation d'eau, sont plus importantes au cours de cette phase. La libération de CO<sub>2</sub> peut entraîner, à la fin des phases thermophiles, jusqu'à 50% de perte en poids sec. Les hautes températures caractérisant la phase thermophile ne concernent que le centre du tas (voir figure3).



**Figure 3** : Exemple d'une coupe d'un andain en phase thermophile, montrant l'hétérogénéité des températures (Gobat et al., 1998).

Les matières présentes en bordure du tas doivent être reprises par un ou deux retournements. Après un retournement on observe la succession des 3 phases (mésophile, thermophile, de refroidissement) (ITAB, 2001d) ; les températures atteintes en phase thermophile sont cependant de moins en moins élevées au fur et à mesure des retournements. Cette technique permet de s'assurer que tous les éléments du tas subissent les différentes phases de compostage afin que le produit final soit homogène et entièrement assaini.

### **I.3.3. La phase de refroidissement (C) :**

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

### **I.3.4 La phase de maturation (D) :**

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.

Les trois premières phases sont relativement rapides par rapport à la phase de maturation. Leur durée ainsi que l'amplitude des variations dépendent cependant des matériaux de départ et des conditions techniques dans lesquelles s'effectue le compostage.

Les dates des retournements ne peuvent donc être fixées selon un calendrier précis, mais sont déterminées par la baisse de la température. La phase de maturation se prolonge a priori jusqu'à l'épandage du compost.

Il est impossible de définir une période de maturation puisque celle-ci dépend de la composition des matières premières. Il est cependant possible de distinguer les composts des déchets ligno-cellulosiques (les fumiers) qui peuvent être utilisés au bout de 6 semaines (la phase de maturation est alors très courte, voire inexistante), des composts de déchets ligneux (les déchets verts par exemple) qui ne sont utilisés en général qu'au bout de 6 mois.

#### I.4. Les êtres vivants et le compostage :

Les êtres vivants actifs dans le processus de compostage sont de deux types : micro-organismes et macro-organismes. 95% de l'activité du tas de compost due aux micro-organismes est réalisée par les bactéries, les champignons et les actinomycètes.

Bactéries et champignons sont responsables de l'accroissement de la température en phase mésophile, alors que les actinomycètes interviennent davantage en phase thermophile. Les bactéries, présentes dans la matière première, dominant en quantité et en diversité. Les champignons ont la possibilité de consommer les éléments non transformés par les bactéries, ils sont inactifs au-delà d'une température de 55°C et se trouvent donc principalement en périphérie du tas ou en phase de basses températures. Les actinomycètes s'attaquent aux structures très résistantes (cellulose, lignine). Il existe aussi des champignons ligninolytiques. 5% de l'activité du tas de compost est l'œuvre d'algues chlorophylliennes (dans les 10 premiers centimètres du tas, à pH neutre et humidité élevée) et de cyanophycées, fixatrices d'azote atmosphérique (Godden,1986 ; Zeglès et Masscho,1999).

Les macro-organismes interviennent lorsque la température est inférieure à 40°C, c'est à dire essentiellement des lombrics mais aussi de nombreuses espèces d'insectes, acariens, gastéropodes, myriapodes, cloportes etc. (Zeglès et Massch)

Type d'organisme vivant	Nombre par kilogramme de compost
Bactérie	De 1 milliard à 10 milliards
Actinomycètes	De 1 million à 100 millions
champignons	De 10.000 à 1 million
Algues	10 millions
Virus	Indéterminés
Protozoaires	Jusqu'à 5 milliards
Lombrics	Jusqu'à 1000
Collemboles	10.000
Autres insectes et larves	2.000
Acariens	10.000
Crustacés (cloportes)	Jusqu'à 1.000
Gastéropodes (escargots, limaces)	20

**Tableau 1 :** Quantité d'êtres vivants intervenant à un moment ou à un

Autre pendant le compostage (Zeglès et Masscho, 1999)

Groupes	Caractéristiques et commentaires	Nombre estimé d'espèces dans les composts
Bactéries	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toujours présente dans les composts et largement dominantes en qualité et en quantité.</li> <li>- Forte croissance si C/N est faible et l'humidité est élevée.</li> <li>- Large spectre d'activité sur une large gamme de pH.</li> </ul>	800 à 1000 espèces au minimum
Champignons	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dominants si C/N est élevé (dégradation de la cellulose et de la lignine)</li> <li>- Capable de croître avec des taux d'humidité plus bas.</li> <li>- Tolérance d'une large gamme de pH(2-9)</li> </ul>	Plusieurs dizaines de milliers d'espèces.
Actinomycètes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- attaquent des substances non dégradées par les bactéries et les champignons.</li> <li>- Neutrophiles</li> <li>- Développement dans les phases finales du compost</li> </ul>	Plusieurs dizaines d'espèces.
Algues	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organismes chlorophylliens</li> <li>- Retrouvés en surface et dans les premiers centimètres de la couche superficielle.</li> <li>- Utilisant des sels minéraux</li> </ul>	Idem
Protozoaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grand groupe hétérogène d'unicellulaires mobiles de petites tailles.</li> <li>- Besoin d'un milieu humide</li> </ul>	Plusieurs dizaines d'espèces
Cyanophycées	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procaryotes proches des bactéries.</li> <li>- Abondance avec une activité des bactéries</li> </ul>	Plusieurs dizaines d'espèces.

**Tableau 2 :** Flores contribuant au compostage (Mustin, 1987).

### I.5. Evolution des éléments chimiques et biochimiques :

L'évolution est rapide : en quelques semaines, plus de la moitié des matériaux de départ sont transformés.

- Les sucres simples, fractions solubles contenant du carbone, et les liquides, sont presque intégralement dégradés dès la phase mésophile.

- La cellulose est dégradée pendant la phase mésophile thermophile, et de refroidissement, par des champignons (tels que les *Penicillium* et les Mucorales), des bactéries et des actinomycètes. Ces deux composés donnent des sucres utilisés par les micro-organismes comme source d'énergie.
- La lignine subit une biotransformation sans être dégradée en petites molécules (comme la cellulose qui est dégradée en glucose), avec inclusion d'azote dans les cycles, et déméthylation des fonctions méthoxyl (Godden et al.,1992). Dans une litière naturelle (premiers centimètres du sol), la ligninolyse est opérée essentiellement par certains champignons ne se développant pas à des températures élevées. Elles n'interviennent donc pas durant la phase thermophile du processus. Il s'ensuit une conservation de la lignine, très favorable à la qualité du compost, la lignine étant un précurseur des substances humiques (Gobat et al., 1998)
- Les phosphates, présents dans les déchets à composter, ou ajoutés à faible dose avant (sur la litière des animaux) ou en cours du compostage, sont incorporé, lors du processus, à des molécules organiques, ce qui peut améliorer leur pouvoir fertilisant s'il s'agit de phosphates insolubles.
- Le potassium, le calcium, le magnésium, le soufre, sont contenus en quantités généralement suffisantes pour les besoins de la majorité des sols. Concernant les pertes de potassium pendant le compostage, on observe de très fortes différences en fonction du type de fumier. En effet les pertes en potassium sont essentiellement dues au tassement des fumiers pendant le compostage et donc liées au manque de structure, c'est à dire de pailles, des fumiers. Ce rapport paille/déjections s'exprime au travers du rapport carbone/azote. Pour des C/N de 35, les pertes en potassium sont pratiquement nulles(Godden,1995).
- Le soufre peut être réduit en phase thermophile en hydrogène sulfuré par les bactéries sulforéductrices qui se développent jusqu'à 80°C. l'hydrogène sulfuré est ensuite réoxydé en sulfate dans le sol. Si le tas de compost présente des zones mal aérées, il peut cependant être perdu sous forme de H<sub>2</sub>S gazeux (Gobat et al. ;1998).
- L'azote organique est minéralisé sous forme ammoniacale(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), qui se trouve en général rapidement incorporé dans la biomasse microbienne, avec en parallèle assimilation de carbone. Cette dégradation a lieu durant la phase thermophile, d'où des risques de volatilisation d'ammoniac au cours de cette phase. Pendant le refroidissement, une partie est oxydée par les bactéries nitrifiantes dès que la température devient inférieure à 45°C. Une

partie de l'azote va réagir avec des sucres et autres composés carbonés pour se retrouver dans les composés humiques. L'azote peut être perdu sous forme de N<sub>2</sub> si le tas renferme des zones anoxiques ou de protoxyde d'azote, même si les quantités sont faibles, ou encore de NH<sub>3</sub> (Gobat et al. ;1998).

## **I.6. Les paramètres du compostage :**

### **I.6.1. Température :**

L'évolution de la température est le résultat de l'activité microbiologique. Godden (1986) pense que les valeurs maximales de température atteintes durant la phase thermophile sont déterminées par les caractéristiques du milieu (nature des matières premières, taille des particules, dimensions et conformation du tas, humidité, aération etc.)

La température peut atteindre 70 à 80°C au centre du tas (en particulier dans les tas de composts de fumier de cheval et de broussailles). Cependant, des températures supérieures à 70°C sont déconseillées car elles peuvent provoquer un dessèchement excessif, une perte de matière trop importante, voire un arrêt du processus (destruction des organismes vivants) et donc une dégradation de la qualité du compost (combustion au lieu de transformation des matières organiques).

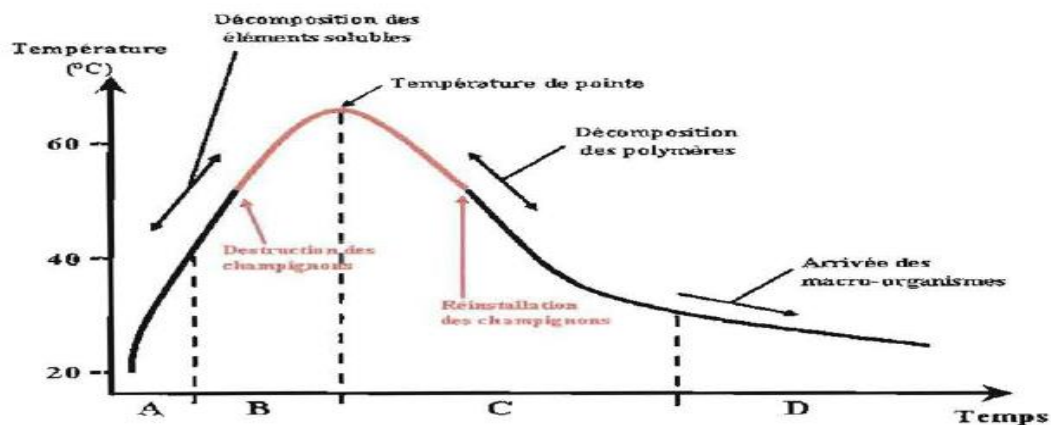
La production de chaleur par les micro-organismes au cours du compostage est proportionnelle à la masse du tas, alors que les pertes de chaleur dépendent de la surface. L'augmentation de la température est donc d'autant plus élevée que le rapport volume/surface du tas est grand.

Pour Mustin (1987), les microorganismes contrairement aux animaux homéothermes, ne peuvent pas réguler leur température. Ils restent à la température de leur milieu de croissance. Leur activité métabolique est profondément modifiée lorsque les températures sortent de la gamme optimale de chaque souche. En fonction de la température optimale de croissance, les microorganismes peuvent être ainsi classés ainsi en germe psychrophiles dont la température optimale de croissance varie de 5 à 15°C et qui se multiplient avec difficulté à - 5°C.

Les mésophiles ont une température optimale comprise entre 30 et 45°C et représentent les germes les plus nombreux de l'environnement.

Les thermophiles qui sont peu nombreux ont une température optimale de prolifération qui se situe au-delà de 45°C, le plus généralement vers 50-60°C et dont la température maximale de croissance peut atteindre les 85°C.

La chaleur produite lors de la fermentation renseigne, au même titre que le taux d'oxygène consommé ou le gaz carbonique produit. Toutefois, le suivi de la température représente une mesure indirecte de l'intensité microbienne de dégradation aérobie.



**Figure 4 :** Allure théorique de l'évolution des températures au cours du compostage Source : KABÜRE, 2010

### I.6.2. Humidité :

Golden (1986) rapporte que le taux d'humidité dépend essentiellement des matériaux de départ. L'évaporation d'eau en phase thermophile doit parfois être compensée par un ou plusieurs arrosages du tas, il est donc difficile de définir les volumes d'eau à apporter. L'eau peut être ajoutée tant qu'aucun écoulement n'apparaît sous le tas, et à condition de ne pas bâcher en phase thermophile.

Un échantillon présente une humidité correcte si en le pressant, on observe un écoulement de quelques gouttes. Un manque d'eau entraîne l'apparition du 'blanc' (forme de résistance des actinomycètes et champignons) qui traduit un ralentissement de l'activité microbiologique, et qui apparaît déjà à 40% de matière sèche en moyenne du tas. Il suffit d'un simple apport d'eau pour rétablir le processus de décomposition.

Attention toutefois à ne pas apporter d'eau vers la fin du processus de compostage, puisque l'on ne relancera pas de phase thermophile et que l'on n'a aucun intérêt à augmenter

le taux d'humidité (augmentation du coût de transport). Un excès d'eau (taux de matière sèche inférieur à 20%) provoque en revanche des conditions anaérobies défavorables.

### **I.6.3. Aération :**

L'aération est essentielle pour apporter l'oxygène indispensable au métabolisme des micro-organismes du compostage, c'est elle qui déclenche le processus de compostage. Une mauvaise ventilation du tas de compost présente plusieurs conséquences néfastes :

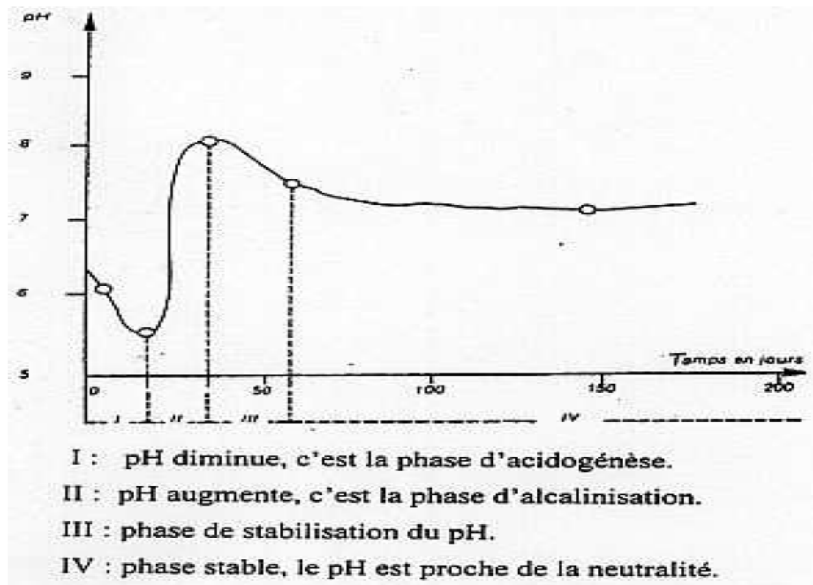
- Moindre élévation de la température car il y a ralentissement de l'activité des organismes aérobies.
- Diminution de la décomposition et transformations différentes pouvant aboutir à ce qui est appelé 'beurre noir' (résidu sombre, malodorant, de texture semblable à celle du beurre, donc difficilement récupérable et non épandable).
- Perte d'azote, sous forme de  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$  (dénitrification).
- Perte de soufre, sous forme de  $\text{H}_2\text{S}$ .

D'après l'ITAB (2001e), pour éviter les tassements et les zones anaérobies en bas de tas pour les fumiers on ne cherchera pas les hauteurs supérieures à 1.5m, ce qui conduit à réaliser des tas allongés de section triangulaire, dont la largeur dépend des retournements d'andains utilisés (jusqu'à 4m). Il est possible de composter des tas plus volumineux mais dans ce cas l'aération doit être contrôlée par des systèmes d'insufflation d'air, systèmes demandant trop d'investissement pour des entreprises agricoles. L'aération d'un tas de fumier à composter est liée à sa structure et donc à la quantité de paille apportée (ainsi que de la longueur des brins). Des valeurs de 6 à 7 Kg de paille/Unité Gros Bétail(UGB)/jour constituent un repère.

### **I.6.4. PH :**

Le pH oriente les réactions du compostage en favorisant certaines espèces de micro-organismes. Un pH acide est propice au développement des bactéries et champignons en début de compostage, alors qu'en pH basique se développent plutôt les actinomycètes et les bactéries alcalines. La plupart des bactéries qui interviennent dans le compostage ont leur optimum compris entre des pH de 6 à 8, tandis que les champignons sont plus tolérants à des pH de 5 à 8.5 environ.

Au cours du compostage, plusieurs processus sont susceptibles de faire varier le pH de la masse organique :



**Figure 5 :** Evolution du PH

### **I.7. Le rapport Carbone/Azote (C/N) :**

De façon générale, un manque d'azote implique un processus de compostage lent et un excès d'azote ou un défaut de carbone entraînent des pertes importantes en azote. Pour les fumiers à composter, l'optimum se situe pour un C/N de 25 à 35 (Godden, 1995). Un C/N trop bas du matériel de départ à composter traduit souvent un rapport litière/déjection trop faible, ce qui accroît fortement le risque de perdre de l'azote.

Selon l'ITAB(2001e), ce n'est pas tant le rapport C/N qui est déterminant pour le déroulement du compostage, que la structure de l'andain. Ainsi, il est préférable d'amener le carbone sous forme de paille, qui a un effet structurant (enchevêtrement des brins, air à l'intérieur des tiges), que sous forme de sciure par exemple, qui va empêcher l'air de circuler suite au tassement. Le C/N peut être le même dans les deux cas, mais le facteur limitant sera le manque d'oxygène dans les andains contenant la sciure. Notons aussi que plus que le C/N, c'est la structure biochimique des molécules considérées qui détermine la vitesse de dégradation : ainsi pour un même C/N compris entre 8 et 10, les vitesses de décomposition des substances humiques sont de l'ordre de 2% par an, alors que pour des engrais verts la décomposition est très rapide.

Mustin (1987), rapporte que lors de la phase de fermentation aérobie active, les microorganismes consomment 30 fois plus de carbone que d'azote (les substrats organiques perdent plus rapidement leur carbone métabolisé et dégagé sous forme de gaz carbonique que leur azote métabolisé et ou perdu sous forme de composés azotés volatils comme l'ammoniac  $\text{NH}_3$ ). Ainsi le rapport C/N idéal de départ doit être de 30 à 35, il va diminuer pour arriver en fin du processus de compostage à se stabiliser vers 10 (entre 15 et 8).

## **I.8. Intérêt du compostage :**

### **I.8.1. Réduction des volumes :**

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

### **I.8.2. Concentration en éléments minéraux :**

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

### **I.8.3. Assainissement vis à vis des adventices :**

Vaseix (1997) montre par la mise en sachets de voiles perméables à de graines d'avenafatua et de Raphanus raphanistrum enfouies à 50 cm de profondeur pendant un mois dans un tas de compost chauffant à 60°C provoque leur destruction totale, la combinaison entre hautes températures et libération de facteurs biochimiques inhibiteurs au cours du compostage assure la destruction des graines. Ainsi, l'épandage de compost plutôt que de fumier frais peut permettre de résoudre le problème de la dissémination des Rumex en particulier, dont l'arrachage, en agriculture biologique, est fastidieux mais indispensable sous peine de rendre les prairies inaptés au pâturage.

Halberg (1999) et Ragdale et al, (1992), 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. Selon Wiart (1997), le temps nécessaire pour détruire les graines dépend de leur emplacement dans le tas : plus de 24 jours pour les graines placées en surface, 24 jours

en moyenne à 30cm et 3 jours à 90cm du bord. Une recolonisation par les graines véhiculées par le vent est possible après la phase de refroidissement.

#### **I.8.4. Assainissement vis-à-vis des agents pathogènes et parasites des animaux :**

Hacala (1998), note que pour les troupeaux de bovin très contaminés en Salmonelles (104 à 106 Salmonelles pour 100g) ; un compostage de 6 semaines à 2 mois, avec 2 retournements à 7 jours d'intervalle, dans de bonnes conditions météorologiques (pas de pluie après retournement ou protection du tas), est une garantie d'assainissement quel que soit le type de Salmonelle concerné. L'efficacité est maximale si la température est maintenue au-dessus de 50°C pendant 3 à 4 semaines. Il suffit en effet d'une heure à plus de 67°C pour détruire les Salmonelles, mais la durée minimale monte à 40 jours si la température n'est que de 41°C.

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).

Hacala et al. (1999) pensent que le compostage ne garantit l'hygiénisation du produit d'origine de certains parasites que s'il est réalisé dans de bonnes conditions. C'est la température qui sert d'indicateur mais il existe aussi d'autres facteurs d'hygiénisation (antagonismes microbiens, etc.) beaucoup plus difficiles à mesurer. Pour le compostage du fumier de bovins, il faut ainsi 6 semaines à plus de 50°C pour détruire la plupart des pathogènes.

#### **I.8.5. Destruction partielle ou totale des résidus de produits phytosanitaires :**

Halberg (1999), rapporte que des études effectuées aux Etats-Unis sur les 200 pesticides les plus courants ont révélé la présence en fin de compostage des produits les plus rémanents (le Chlordane : insecticide contre les termites ; le Pentachlorophénol : fongicide pour le traitement du bois ; le Captan, le Lidane et le 2,4-D).

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

**I.8.6. Absence d'odeur désagréable :**

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

**I.8.7. Homogénéité du produit fini :**

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

**I.8.8. Limitation des pertes d'azote nitrique :**

D'après Le Houérou (1993), le compostage a été étudié de manière à répondre à cet objectifLa réduction de poids (40% environ pour fumier de bovin) et de volume (50% en moyenne) permet le transport du compost sur des passerelles trop éloignées pour faire l'objet d'épandage et permet simultanément de réduire les épandages sur les zones à risque limitant ainsi les pertes nitriques.

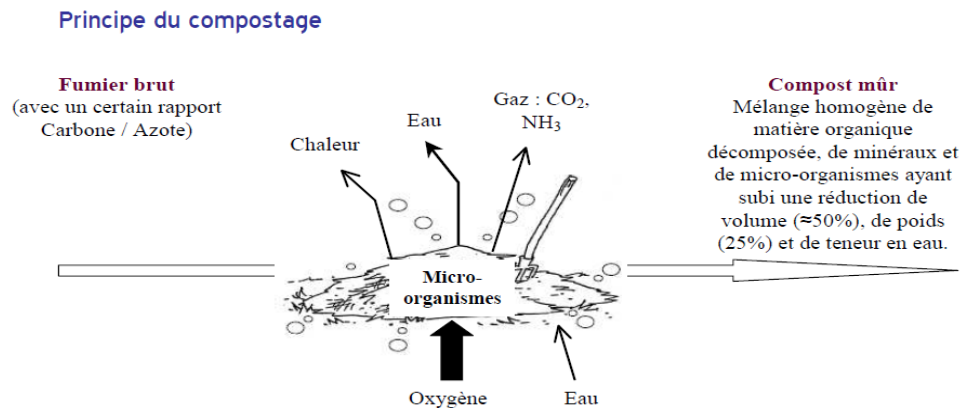
**I.8.9. Lutte contre les maladies des plantes :**

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 fongique des plantes en stoppant ou en inhibant le développement des champignons pathogènes. Les études sont encore récentes et le mécanisme d'action du jus de compost n'est pas encore bien connue. Cette partie sera développée d'une façon plus approfondie plus tard dans la bibliographie.

**I.9. Exemples de compostage de matières organiques :****I.9.1. Le fumier bovin :****I.9.1.1 Définition :**

Fumier de bovin ayant subi un processus de compostage avec au moins 2 retournements réalisés sur herbe ou sur plate-forme couverte ou non. Le compostage doit dépasser 4 mois

après la mise en tas pour obtenir cette appellation. Le support carboné de la litière de départ ou du compost est en général des pailles de canne ou des copeaux de bois, parfois des déchets de carton.



**Figure 06** : principe du compostage de fumier

C'est le fumier le plus couramment composté, la composition du fumier d'origine conditionne en grand partie la qualité du compost en fin de processus, ainsi la meilleure façon d'obtenir un bon compost est d'utiliser un fumier de litière accumulée. Pour un bon équilibre entre carbone et azote, la quantité de paille à apporter est de 7 kg/Unité de gros bétail(UGB)/jour en moyenne. Le compostage est donc bien adapté aux systèmes d'élevage avec aire paillée ou stabulation entravée très paillée. Notons que cette quantité de paille est également fonction de l'alimentation des animaux. (ITAB, 2001g).

L'ajout de paille à un fumier « mou » est possible, mais contraignant en termes de manipulation, donc cher en main d'œuvre, et donne des résultats moins satisfaisants. Dans le cas des fumiers de raclage, il est toutefois possible d'ajouter de la paille avant chaque passage de rabot. Les résultats en termes d'absorption des déjections sont variables selon la longueur des brins, le type de paille. Il est à noter que l'utilisation de litière présente aussi des avantages sur le plan sanitaire, sur le plan du confort des animaux et sur le plan des conditions de travail de l'éleveur.

Le compostage est réalisé soit sur une plate-forme aménagée près du corps de ferme (aire stabilisée ou plate-forme bétonnée), soit en plein champs.

Sur la plateforme, la réalisation du compost ne produit pas d'écoulement de jus.

En effet, les pertes par jus sont surtout des signes d'anaérobiose or c'est l'aérobiose qui est favorisée. Le site de compostage ne présente donc pas de risque de pollution. Cependant pour prendre toute les précautions, une plate-forme stabilisée et adaptée pourra peut-être réalisée, afin de permettre le passage des engins en conditions humides. Il faut éviter les sites de compostage sur sol filtrants, sur sols hydro morphes et sur terrains en pente. Toutes les mesures doivent être prises pour éviter la stagnation d'eaux pluviales sous les andains et le rejet d'eaux souillées dans le milieu (la plateforme doit être équipé d'une fosse).

Pour la méthode plein champs et afin d'éviter les pertes par ruissellement, seuls les fumiers de départ suffisamment pailleux seront mis en tas. Le compostage ne doit pas être réalisé au même endroit chaque année (1 an sur 3) et ne doit pas entraîner de pollution des eaux (d'où la distance suivante respecter : 50m des points de prélèvement d'eau potable, 200m des lieux de baignade et des plages, 35m des cours d'eau).

Les dimensions de l'andain dépendent du mode de retournement et des caractéristiques du matériel utilisé. L'étude des paramètres de compostage a montré que la section de l'andain doit être de préférence triangulaire et que la taille maximale pour que le processus soit efficace est de 3 à 4m de large pour 1.5 à 2m de haut. (Godden, 1995).

D'après l'ITAB (2001g), l'objectif des retournements est avant tout l'aération du mélange à composter. Ce sont eux qui apportent l'oxygène nécessaire aux micro-organismes. Un seul retournement est en général insuffisant, car l'intense activité biologique au sein de l'andain conduit rapidement au tassement de celui-ci (presque de moitié en hauteur). Il faut donc remuer de nouveau l'andain pour y apporter encore de l'oxygène. Ce deuxième retournement permet de plus de porter les parties du tas de la périphérie vers le cœur de l'andain, ce qui est très important dans une optique d'assainissement.

Le premier retournement est réalisé dès que possible après la mise en andain du fumier. Il démarre le compostage.

Le second retournement assure l'homogénéité du processus dans le tas et donne au compost les caractéristiques recherchées (évolution des composants, assainissement...).

L'intervalle de temps entre les deux retournements est souvent de 10 à 15 jours, mais la date du second retournement ne peut être fixée à l'avance. Elle est déterminée par la mesure de la baisse de la température (phase de refroidissement). Dans certains cas la phase

thermophile dure de 3 à 4 semaines, selon les techniques employées, le nombre de retournements peut ainsi varier de 1 à 3.

Deux retournements représentent un bon compromis entre la réussite du processus de compostage et un coût total du compost modéré.

Cependant, le nombre de retournements est dépendant d'une part de la qualité du fumier d'origine, d'autre part des objectifs de compostage fixés : pour un épandage sur prairie avec un objectif d'assainissement vis à vis des pathogènes et parasites animaux, un troisième retournement peut s'avérer nécessaire si l'andain n'est pas monté en température suffisamment longtemps. A l'inverse pour une utilisation en grandes cultures sans besoin spécifiques d'assainissements (sauf phytosanitaires), un seul retournement pourra suffire.

Le premier facteur limitant du processus de compostage étant l'oxygène le deuxième c'est l'eau mais le taux d'humidité des fumiers de bovins est en général suffisant de plus la dégradation du sucre au cours du processus de compostage libère du CO<sub>2</sub> et de l'eau. Il n'y a donc pas besoin de rajouter d'eau pour le compostage des fumiers de bovins (il y en a même de trop dans le cas des fumiers mous). Ce n'est pas le cas des autres fumiers (ovins, volailles).

Une pluie importante survenant derrière un retournement, en provoquant un tassement et une asphyxie du tas, peut annuler l'effet de celui-ci (Revest et Küng benoit, 1998). D'autre part les risques de perte en azote, phosphore, potasse et autres éléments nutritifs par lessivage dû aux pluies sur un tas nu ne sont pas négligeables, surtout en phase de maturation. La qualité du compost peut en être considérablement dégradée.

Sous climats très pluvieux, deux solutions sont possibles, le compostage sous hangar et le bâchage de l'andain.

Les bâches noires ne sont pas recommandées car elles donnent lieu à de fortes condensations en surface et provoquent l'apparition de zones anaérobies, réorientant le processus de compostage vers des fermentations (production de méthane au lieu de CO<sub>2</sub>).

### I.10. Conditions réglementaires de l'utilisation des composts en agriculture :

Les composts sont essentiellement utilisés en agriculture, mais également pour la revégétalisation des sites, ou comme support de culture.

Pour pouvoir être utilisés, les composts doivent faire l'objet d'une procédure d'homologation, ou répondre aux critères de spécification définis dans la norme 44-051 définissant les amendements organiques. Cette norme est d'application obligatoire pour l'utilisation de ces produits, mais est très peu contraignante en raison notamment de l'absence de critères d'innocuité (polluants et pathogènes). Elle est actuellement en cours de révision.

Les composts n'entrant pas dans le cadre de cette norme (composts de boues de station d'épuration par exemple) doivent être utilisés dans le cadre d'un plan d'épandage.

L'utilisation des composts en agriculture biologique est possible, lorsque le besoin est reconnu par l'organisme de contrôle. Les composts d'effluents d'élevage (sauf l'élevage hors-sol), les composts de déchets verts et les composts de bio déchets peuvent être utilisés en agriculture biologique. Cependant, ces derniers doivent avoir des teneurs très faibles en métaux (Leclerc, 2001).<sup>7</sup>

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 <sup>3</sup> /min	< 0.1 N m <sup>3</sup> / min

**Tableau 03 :** Conditions opératoires nécessaires pour une mise en œuvre optimale d'un procédé de compostage (HUMEAU et LECLOIREC, 2006).

### I.11. Principales pertes en éléments :

<b>Carbone (C)</b>	50 à 60 % du carbone sous forme de gaz (CO <sub>2</sub> et un peu CH <sub>4</sub> )
<b>Azote (N)</b>	15 à 30 % de l'azote total par volatilisation sous forme NH <sub>3</sub> et un peu NO <sub>2</sub>
<b>Phosphore (P)</b>	Pas de perte, car non soluble. Se concentre dans le compost par la réduction du volume
<b>Potassium (K)</b>	Perte possible dans les écoulements de jus, car soluble

**Tableau 04 :** principales pertes en élément

### I.11.1. Les pertes en éléments fertilisants sont :

Essentiellement gazeuses pour l'azote pendant le compostage, mais sont généralement moins importantes qu'au cours d'un épandage de fumier frais (pertes gazeuses et lessivage).

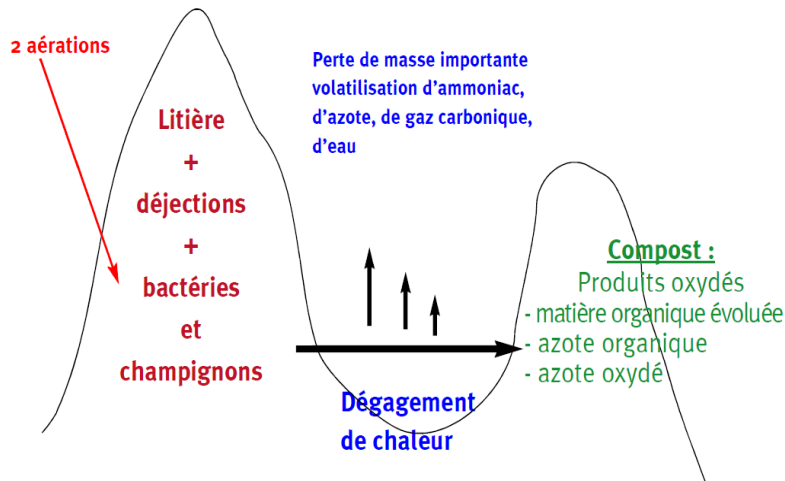


Figure 07 : Les pertes en éléments fertilisants

### I.12. Valeur agronomique d'un compost :

De façon générale, il est observé la chute du taux de matière organique et donc l'appauvrissement des sols cultivés par excès d'utilisation d'engrais minéraux solubles (Bresson et al., 2001). L'intérêt des amendements organiques est donc une diminution de la part de ces engrais lixiviables et leur remplacement par des déchets organiques valorisés. Cela permettra d'améliorer la structure du sol, la nutrition et la croissance des plantes, ainsi que leur potentiel de survie surtout en saison sèche (Albrecht, 2007).

La valeur agronomique d'un compost se traduit alors par son aptitude à l'apport d'éléments fertilisants (Albrecht, 2007) qui sont des composants nutritifs majeurs pour les plantes.

Plusieurs auteurs recommandent la mesure directe de la teneur en éléments minéralisés, ce qui permet de mettre en évidence l'état avancé de décomposition en éléments minéraux. En pratique, il s'agira de suivre l'évolution de la teneur de ces éléments dans le compost jusqu'à ce qu'elle se stabilise (Francou, 2003 ; Guet, 2003).

#### I.12.1. Effet du compost sur le sol :

Trois semaines à un mois après le retournement des andains, le compost sera épandu afin de profiter pleinement des éléments fertilisants qu'il renferme ainsi que de l'effet

Stimulant sur l'activité biologique du sol : accélération de la décomposition des matières organiques fraîches telles que les résidus de culture. Un compost sur mûré n'a plus cet effet. Cette utilisation d'un compost jeune permet de réduire les surfaces consacrées à sa confection.

### **I.12.2. Effet fertilisant :**

Les fumiers de bovins sont des produits assez bien équilibrés en éléments fertilisants. La présence de paille et plus généralement de matières végétales leur confèrent des teneurs en potassium intéressantes. Les teneurs en azote sont satisfaisantes et permettent un apport substantiel. L'azote contenu dans les fumiers comme dans les composts est majoritairement sous forme organique. Les formes minérales sont moins présentes. L'utilisation de l'azote par les plantes nécessitera une minéralisation dans le sol.

L'efficacité agronomique du phosphore et du potassium est par contre identique à celle des engrais minéraux du commerce. Les conditions de stockage (éviter les lessivages par les pluies) et l'enfouissement rapide, même superficiel, des fumiers et composts seront des précautions nécessaires pour conserver les teneurs en éléments fertilisants. L'apport régulier de fumier ou de compost assure une nutrition correcte en oligoéléments des cultures annuelles et des prairies.

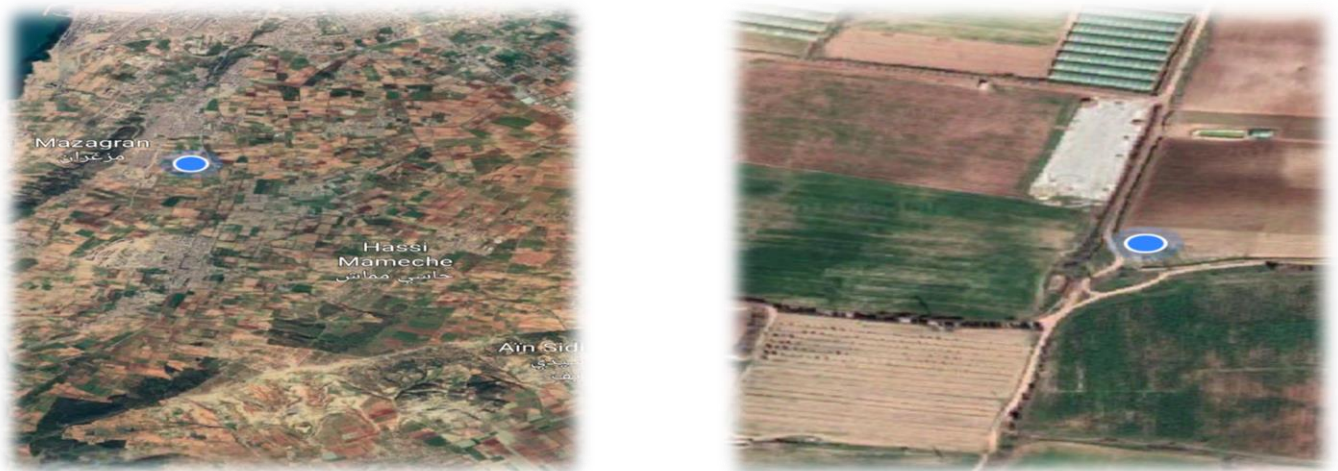
### **I.13. Stabilité et maturité :**

La stabilité et la maturité sont des facteurs qui définissent le succès de l'utilisation de compost comme amendement agricole (Said-Pullicino, Gigliotti, 2007). Selon Sullivan et Miller (2001), la stabilité se réfère exclusivement à la résistance de la matière organique du compost à autre dégradation. Un compost est donc considéré comme stable dès que les réactions de dégradation à l'intérieur n'existent plus. Par contre, la maturité désigne l'état d'un compost qui affiche une activité biologique limitée et qui est décomposé au point de pouvoir être entreposé et utilisé sans risque de dégager des odeurs et sans conséquences préjudiciables, notamment pour les végétaux en raison d'éventuels composés phytotoxiques rémanents (MEO, 2012).

## II. Approche méthodologique :

### II.1. Présentation du site d'étude :

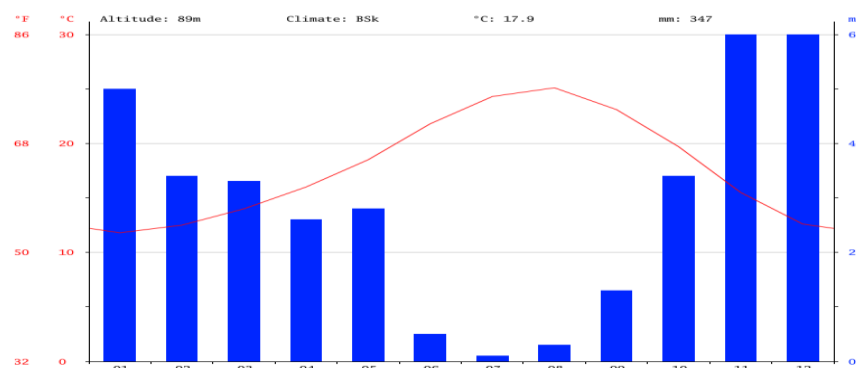
Le compostage a été réalisé dans l'exploitation agricole de l'université de Mostaganem à la commune de Hassi Mamache qui se situe au nord-est de la wilaya de Mostaganem (à 20 km de Mostaganem) l'expérimentation a démarré le 10 février 2019



**Photo 01** : le site D'expérimentation (Hassi Mamache Mostaganem)

Mostaganem bénéficie d'un climat méditerranéen semi-aride thermophile. Il y a peu de précipitations, quel que soit la période de l'année, à Mostaganem. La classification de Koppen-Geiger est de type Bsk. Sur l'année, la température moyenne à Mostaganem est de 17.9 °C. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 347 mm

### II.2.1. Diagrammes climatique Mostaganem



**Figure 08** : diagrammes climatique Mostaganem

mois le plus sec et le mois le plus humide. Une différence de 59 mm est enregistrée entre le .C de variation sont affichés sur l'ensemble de l'année° 13.3

## II.2.2. Courbe de la température de Mostaganem

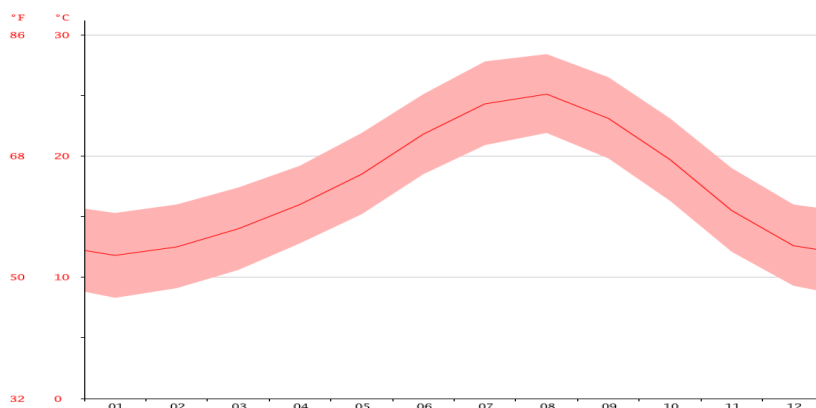


Figure 09 : Courbe de la température de Mostaganem

## II.2.3. Tableau climatique de Mostaganem

Mois	Température moyenne(C°)	Température moyenne(F°)	Précipitations (mm)
Janvier	11.8	53.2	50
Février	12.5	54.5	34
Mars	14	57.2	33
Avril	16	60.8	26
Mai	18.5	65.3	28
Juin	21.8	71.2	5
Juillet	24.3	77.2	1
Aout	25.1	77.2	3
Septembre	23.1	73.6	13
Octobre	19.7	67.5	34
Novembre	15.5	59.9	60
Décembre	12.6	54.7	60

Tableau 05 : Tableau climatique de Mostaganem

Une différence de 59 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide.

### II.3. 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 la plus utilisée par les agriculteurs.

- **Préparation de la matière organique** : à convertir en engrais organique (fumier bovin)
- **Mis en tas** : Nous pesons ces matières ensuite mis sous forme de couches formant ainsi en andain. Les démentions de l'andain en fonction de la quantité du mélange disponible.
- **Homogénéisation** : il s'agit de mélanger les différents composants des couches pendant ou juste après la mise en andain du mélange. (MUSTIN 1987).

### II.4. Dispositif expérimental :

La proportion du mélange initial est de 100%. (Longueur 5 m, et d'un largeur de 1,5 m, la hauteur 1 m) l'andain est recouvert par un film plastique pour garder la température et l'humidité et accélérer la biodégradation des matières carbonées

#### II.4.1. Méthodologie :

Cette étude s'est focalisée sur le compostage du fumier bovin. Le compostage permet de valoriser ces bio-déchets pour former un produit stable : le compost.

Le procédé de compostage étudié est un compostage en andains ou en tas élaboré sa plateforme. A travers cette étude nous avons tenté d'évaluer la production du fumier bovin et leur valorisation par le compostage

Nous avons opté pour le mode de compostage par andains afin de vérifier le rendement de ce mode, et rendre compte de la gestion de l'espace de l'aire de fermentation.

Nous avons suivi les étapes suivantes.

- Préparation de la matière à composter.
- Observation sur site.
- Evaluation de la matière du compost.
- Analyse au laboratoire (analyse des différents paramètres du compost).

- **II.4.2. Matériels utilisés :**



**Photo 02 :** Tracteur a remorque de benne



**Photo 03 :** Brouette



**Photo 04 :** Pelle, râtelier



**Photo 05 :** Tare de pascale



**Photo 06 :** Compresseur

Nous avons procédé à :

- La préparation du fumier bovin
- On le poser ces matières : la quantité de fumier bovin c'est 26,50 t



**Photo 07 :** fumier bovin

- La mise en place des andains :



**Photo 08** : plateforme



**Photo 09** : mise en andain

- L'arrosage :



**Photo 10** : l'arrosage

- Retournement :



**Photo 11** : Retournement

- Le criblage :



**Photo 12 : criblage**

- Le stockage du compost :

#### II.4.3 : Les étapes de valorisation du fumier bovin :

Les étapes Mois	Etape 01	Etape 02	Etape 03	Etape 04
	Mise en place	Retournement	L'arrosage	Criblage
11 Février	x			
13 Mars		x		
31 Mars			x	
07 Avril			x	
11 Avril		x		
15 Avril			x	
21 Avril			x	
28 Avril			x	
05 Mai		x	x	
13 Mai				x

**Tableau 06 : les étapes de valorisation du fumier bovin.**

## II.5. Méthode d'analyse :

### II.5.1. Observation 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.

#### II.5.1.1. Observations visuelles :

L'observation visuelle est très importante pour évaluer les lots de compost aux cours du processus de compostage. On observe régulièrement la granulométrie et la couleur des lots mais aussi l'apparition des macroorganismes (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, hauteur du lot.

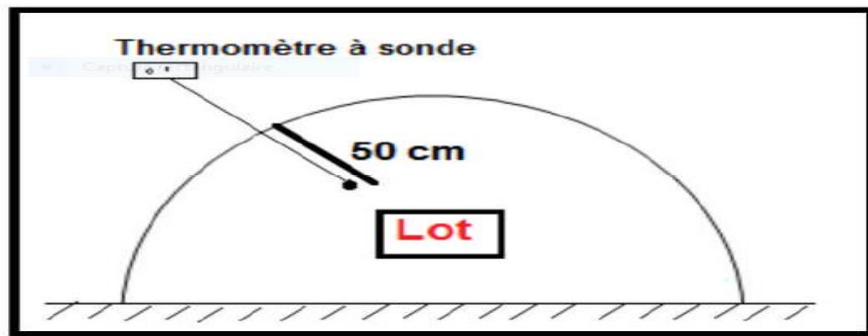
#### II.5.1.2 Tests de températures

Les températures ont été relevées quotidiennement à l'aide d'un thermomètre à sonde pénétrante de 30cm de long (photo 12).

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 20cm pour atteindre les 50cm de profondeur (figure 10).



**Photo 13 :** Test de température



**Figure 10 :** Schéma illustrant le niveau de mesure de la température avec le Thermomètre à sonde

### II.5.1.3. Tests d'humidité :

Ce test consiste à presser entre les mains un échantillon de compost prélevé au cœur de l'andain. 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 (Anonyme, 2002 in Sangaré, 1993)



**Photo 14 :** teste de l'humidité.

## II.6. Evaluation de la maturité du compost :

### II.6.1. Analyses au laboratoire :

Nous avons réalisé nos analyses au laboratoire de pédologie au niveau de universités de Mostaganem

Les analyses du broyat initiale et compost chaque semaine pendant trois mois du compostage ont été effectuées au laboratoire pédologie

### II.6.2. Echantillonnage :

La méthode utilisée est la méthode de l'échantillonnage par quartage. Nous avons réalisé des Échantillons au niveau de l'andain successivement au début pour le broyat, après chaque semaine pendant de 3 mois.

Nous avons effectué un nombre de prélèvements d'une façon uniforme sur l'ensemble du lot, à la surface et à différentes profondeurs, de façon à constituer un échantillon global qu'on Homogénéise parfaitement.

Nous avons défini 3 points dans l'andain pour faire nos prélèvements à des intervalles d'1m afin d'augmenter la représentativité de l'échantillon, tenant compte de l'hétérogénéité, surtout avant les premiers retournements de la matière à composter.

#### II.6.2.1. Préparation de l'échantillon :

##### ➤ Constitution d'un échantillon global :

Nous avons suivi les étapes suivantes :

- Éviter la surface du lot (10 à 15 premiers centimètres), le fond du tas et les zones sèches ou trop humides ;
- Prendre à environ 50cm de profondeur ;
- Faire une tranchée à chaque mètre de longueur environ pour obtenir des prélèvements de même volume
- Combiner tous les prélèvements élémentaires dans un grand récipient propre.

#### II.6.2.2. Les paramètres analysés :

- Le pH
- L'humidité
- La matière organique
- Le carbone organique
- L'azote total
- Calcium
- Potassium (K<sub>2</sub>O)
- Sodium (Na)
- Magnésium(Mg)

## II.7. Caractérisations des paramètres physiques et chimiques :

### II.7.1. 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.7.2. 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 5mn puis la faire reposer pendant ou moins deux heures. La lecture du PH se fait moyennant par un PH-mètre (M'SADAK,2013)



**Photo 15** : teste de PH

### II.7.3. 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). La norme internationale prescrit une méthode de sa mesure. Un échantillon de substrat est extrait avec l'eau à  $20 \pm 1$  ° C (Rapport d'extraction de 1 /5 pour dissoudre les électrolyte).



**Photo 16** :test de conductivité électrique

## II.7.4. La capacité d'échange cationique :

### II.7.4.1. Introduction :

La capacité d'échange cationique ou la capacité totale des cations est la quantité maximale de cations qu'un sol peut absorber (pour 100g de matière sèche).

### II.7.4.2. La détermination de la C.E.C

Selon la méthode de NESTON comprend trois étapes :

Saturation : l'échantillon est d'abord saturé en ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) par percolation successive d'une solution d'acétate d'ammonium ( $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{NH}_4$ ) à 14mol/l

Après avoir éliminé l'excès d'ions ammonium par percolation d'alcool éthylique.

### II.7.4.3. Mode d'opérateur :

Peser 10g d'échantillon du compost, qui seront mélangés avec 10g de sable calibré aux environs de 1mm préalablement lavé à l'acide chlorhydrique (HCL) et à l'eau distillée.

- ✓ Introduire dans un tube de percolation
- ✓ Un tampon de coton suffisamment 0.4 g
- ✓ 10g de sable

Le mélange : 10g d'échantillon du compost + 10g de sable.

-Le mélange d'échantillon du compost +sable doit être le plus homogène possible

-Percoler lentement, avec la solution de l'acétate d'ammonium 50ml on ouvre le robinet, on -  
-laisse la percolation pendant 12h et on rajoute 100 ml de la solution précédente. (L'acétate d'ammonium) . On fait lavage de tube de percolation par l'alcool.

-faire couler la solution d'extraction en fermant l'orifice du tube de percolation,

Laisser macérer au moins une nuit

-Ouvrir le robinet de l'ampoule et l'orifice de l'écoulement

-Régler le débit pour avoir 30 gouttes /mn

-On recueille le percolât dans une fiole de 250 ml. Quand la percolation est élevée, ajuster au volume avec l'acétate d'ammonium, homogénéiser et conserver en flacon bouché.

Le percolât contient les cations échangeables qui seront dosés par spectrophotomètre à flamme ou absorption atomique.

-Effectuer un témoin dans les mêmes conditions.

-Eliminer l'axes d'acétate d'ammonium resté dans le tube de percolation par un lavage fractionné avec 100 ml d'éthanol 95 % (fraction de 20et 30 ml).

-Contrôler l'élimination de  $\text{NH}_4^+$  au moins du réactif de Nessler.

- Utiliser la solution concentrée du KCL (74.55) avec an volume de 150 ml pour faire déplacer  $\text{NH}_4^+$ , fixé sur la masse d'échantillon du compost.

-Le filtrat est recueilli dans une fiole jaugé de 250 ml, ajuster et homogénéiser prélever une aliquote de 20ml et 4gouttes d'indicateur mixte.

-Doser l'ammoniaque par l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ .0.05 N).

### Remarque :

Si on trouve une précipitation jaune ça veut dire qu'il y'a encore l'acétate d'ammonium

On rajoute 33ml d'éthanol et on refaire les mêmes étapes pour la deuxième fois.



**Photo 17** : détermination du CEC

### Calcul :

$$\text{C.E.C} = (\text{V H}_2\text{SO}_4 - \text{V témoins}) * 2 * \text{N1} (150/20) *(100/10)$$

**II.7.5. Matière organique et dosage du carbone :****II.7.5.1. Préparation des solutions :**

- ❖ Dichromate de Potassium : peser 49.04 g de  $K_2Cr_2O_7$  dans 1 l d'eau distillé
- ❖ Sel de Mohr : peser 78.1 g 980 ml d'eau distillé +20 ml acide Sulfurique  $H_2SO_4$
- ❖ Diphénylamine : 1 g +40 ML d'eau distillé +60 ml  $H_2SO_4$

**II.7.5.2. Mode opératoire :**

- Peser 0.5 g d'échantillon mais l'échantillon dans la fiole et ajouter 10 ml de Dichromate de potassium après ajouter 15 ml de d'acide sulfurique
- Mais les fioles dans bain sable à  $60^\circ$  ferme les fioles avec des vertes mentes
- Laisser pour l'attaque froide jusqu'à la formation de la première goutte, après quand la goutte tombée, laisser 5 mn
- Laisser les fioles refroidir puis verser le contenons dans fioles jaugés et compléter le volume Jusqu'à 100 ml avec l'eau distillé
- Fermer les fioles avec des bouchons, agiter, laisser reposer jusqu'à la formation couche clair
- Prend 20 ml de cette premier couche clair, en mais dans un bécher à 100 ml
- Ajouter 2 gouttes de diphénylamine et mélanger en faire le titrage avec Sel de Mohr (virage de couleur violet vers vert)



**Photo 18 :** dosage de carbone et matière organique

**Calcul :**

$C \% = (V_0 - v_1) \times 0.615$ ,  $V_0 =$  témoin et  $V_0 =$  d'échantillon couche claire

$MO \% = c \% \times 1.72$

### II.7.6. 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 ( $H_2SO_4$ ). Le dosage d'azote repose sur le principe décrit dans ce qui suit. Dans chaque matras à digestion, on introduit 0.1 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 à partir de  $100C^\circ$  jusqu'à  $350C^\circ$  ou la couleur devient verte ; c'est la phase de minéralisation

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

On prend 20 ml de la solution initial (digestion dans une solution d'acide sulfurique) ajouter 20 ml NaOH, le tout dans le ballon de distillation, porter sur l'appareil de distillation, dans le ballon récupération de distillat, verser 20 ml d'acide borique, c'est la phase de d' distillation

Titrer distillat par  $H_2SO_4$ .

**Remarque :** la couleur devient bleu foncé vert après titrage devient rouge

Calcul :

$$N \% = V \text{ chute} \times 7 \times 10 \times 100 / 20 \times 100 / 0.01$$



**Photo 19 :** dosage de l'azote

### II.7.7. Rapport C/N :

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

### III. Résultats et discussions :

#### III.1. Suivi du compostage :

##### III.1.1. Compost obtenu :

Le compostage des différents tas de MO a duré 03 mois moyennant des arrosages et des retournements selon les besoins.

A partir des observations visuelles effectuées régulièrement sur les andains 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, noir et sent bon.

	Poids brut Avant compostage	Poids compost Après criblage (D<5mm) biodégradé	%	Poids du refus (non biodégradé) (D>5mm)	%
Fumier bovin	2650 kg	729 kg	27.50	231 kg	8.71

**Tableau 07** : évolution des poids au cours de compostage

Les composts du fumier Bovin donnent en pourcentage des résultats très proches on peut les considérer comme moyens. Les refus (D> 5mm) sont faibles.

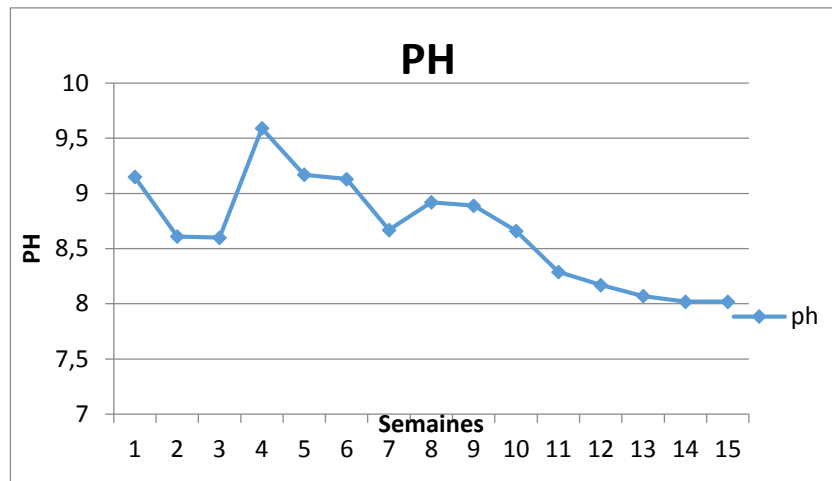
Cette expérimentation menée en 3 mois de maturation prouve qu'une grande quantité de produits carbonés considérés comme des déchets peuvent être valorisés en humus stable et améliorer ainsi la fertilité physique et organique des sols agricoles.

##### III.1.2. Aspects physiques et chimiques :

###### III.1.2.1. Evolution de PH :

Semaines	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
PH	9.15	8.61	8.60	9.5	9.17	9.1	8.67	8.9	8.89	8.6	8.2	8.17	8.07	8.0	8.02

**Tableau 8** : Evolution de PH



**Figure 11** : Evolution du pH au cours du compostage.

D’après la courbe de l’évolution du PH au cours du processus du compostage (figure 3) il paraît que le traitement a la première moitié a un PH basique situé entre 8 et 9.17 Ce PH basique favorise le développement des bactéries alcalines (mustin 1987) qui détermine la phase de décomposition.

Pour arriver à la deuxième moitié a une valeur entre 8.92 et 8.05 il est a remarqué qu’à partir de 75<sup>ème</sup> jours du compostage de la phase de maturation du compost le PH demeure presque constant cela peut s’expliquer par l’arrêt de l’activité des micro-organismes responsable de la variation du PH.

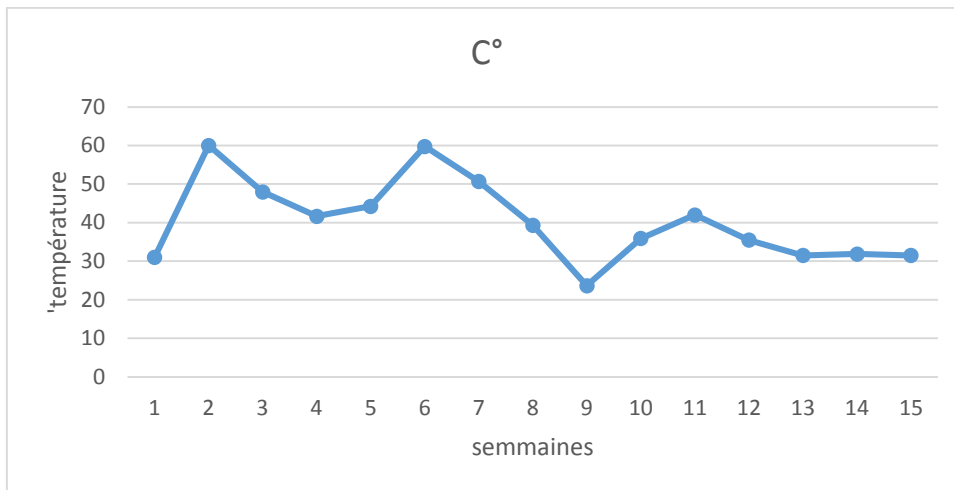
A la fin le traitement PH rapproche de la neutralité comme rapporté par GODDEN (1986) ET GOBAT et ALL (1998).

**III.1.2.2. Evolution de température :**

Semaines	1	2	3	4	5	6	7
C°	31	60	48	41.67	44.23	59.76	50.7

8	9	10	11	12	13	14	15
39.36	23.66	35.9	42	35.5	31.9	31.5	31.4

**Tableau 9** : Evolution de température.



**Figure 12:** Evolution de la température dans le lot de compost au cours du processus de compostage.

L'évolution de la température traduit une bonne évolution de processus de compostage, par succession de deux phases d'activité microbologique.

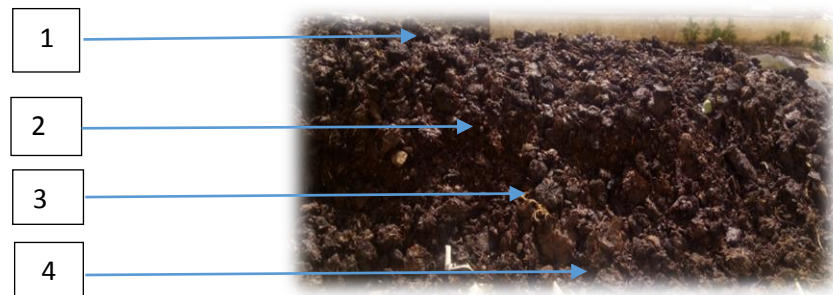
- Phase de stabilisation caractérisée a une élévation de la température jusqu'à une température maximale de 67 c° à correspondront à la dégradation des composés organiques simples
- Phase de maturation caractérisée par une diminution de la température et correspondront à la dégradation des molécules lignocellulosiques, et processus de l'humification

	Température	Type de décomposition	Effets sur les germes pathogènes
1	<40°C	Fermentation froide	Virulence intacte pas d'effet désinfectant.
2	40 à 50°C	Fermentation à température moyenne	Désinfection biochimique
3	50 à 65°C		Désinfection biophysique
4	65 à 80°C	Fermentation à chaud	Désinfection thermique

**Tableau 10 ;** Hygiénisation du compost en fonction de la température (adapté de knoll, 1969 In Heynitz, 1985).

### III.1.2.3. Humidité :

Dans les premiers mois de compostage et avant le retournement, nous avons Remarqué qu'il Ya une différence d'humidité en fonction de la hauteur du lot. Selon le profil Que nous avons réalisé,



**Photo 20** : Différence d'humidité en fonction de la hauteur

On observe quatre zones (1, 2, 3 et 4) du sommet à la base (photo20)

**Zone 1** : au niveau de la surface de l'andain, qui représente environ 10% de la hauteur, où le Substrat est sec par l'effet des conditions climatiques (vent et température) .

**Zone 2** : zone à moyenne humidité, qui représente environ 30% de la hauteur. Cette Humidité est vraisemblablement le résultat de la granulométrie grossière de la zone1 qui lui Assure une bonne aération et la protège contre le dessèchement.

**Zone 3** : qui représente environ 40% de profondeur à très faible humidité. Nous avons Observé au niveau du lot un tassement qui empêche l'eau de circuler vers les parties les plus Basses. Au niveau de cette zone la décomposition est très faible.

**Zone 4** : elle représente environ 20% de profondeur. Contrairement à la zone 3, cette zone Est très humide à cause de la stagnation de lixiviat de l'arrosage à la base de l'andain. Au Niveau de cette zone, nous avons observé des filaments blancs de champignons qui peuvent Être un signe de fermentation anaérobie.

Le maintien d'une humidité adéquate est nécessaire au bon déroulement du processus de compostage (Mustin, 1987). Cette humidité doit se maintenir à des taux de 50 à 60%, pour se faire, les arrosages des lots de compost sont nécessaires pour contrebalancer les pertes d'eau.

Ces pertes sont dues essentiellement aux réactions exothermiques de fermentation, aux Conditions climatiques et au retournement des andains (Heynitz, 1985).

#### III.1.2.4. Matière organique et carbone organique :

Calcul :

**Echantillon 01- Echantillon 02 :**

Carbone :  $C\% = (V_T - V_E) * 0.615$ ,  $V_1 = V_2 = 2,1$  m

$C\% = 24,85\%$

Matière organique :  $MO\% = c\% * 1.72$

$MO\% = 41,71\%$

Échantillon	C%	MO%
Echantillon 01	24.85%	41.71%
Echantillon 02	24.85%	41.71%

**Tableau 11** : les valeurs de Carbone, Matière organique

A partir de la gamme de stabilité des matières organiques des composts suivant le Taux de carbone organique en condition contrôlé (température et humidité durant 3 mois), Nous avons établi le tableau ci-après :

Niveau de stabilité du Compost	Taux de carbone organique après 3 mois (% brut)	Degré de maturité de Compost
Compost très stable	[0 ; 10]	Maturité très élevée
Compost stable	[10 ; 15]	Maturité élevée
Compost moyennement Stable	[15 ; 20]	Maturité moyenne
Compost instable	[20 ; 30]	Maturité faible
Compost très instable	>30	Maturité très faible

**Tableau 12** : Définition des classes de maturité des composts à partir de la production du Carbone organique total après trois mois de compostage (Francou, 2003 in Annabi, 2005).

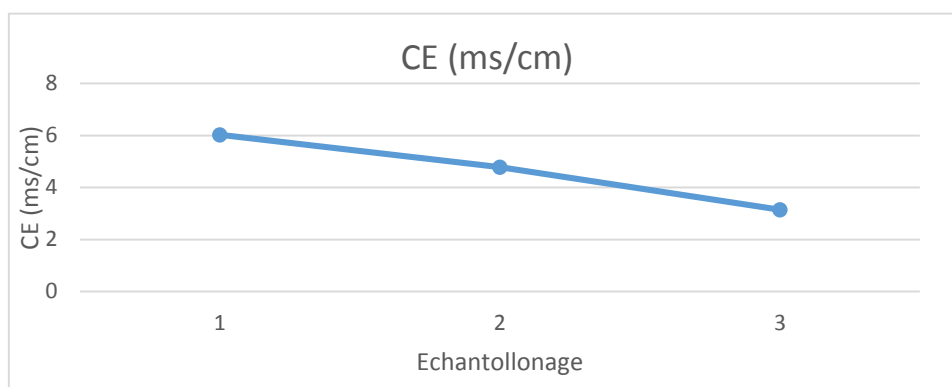
	Taux de carbone organique après 3 mois de compostage (% brute)	La gamme de stabilisation en (% brute)	Niveau de stabilité de compost	Degré de maturité de du compost
Compost	24,85	[20 ;30]	Compost instable	Maturité faible

Après trois mois de compostage, nous constatons que la classe de maturité du compost est [20 ; 30] car le taux de carbone organique est de 24,85. On a un compost instable, donc il n'est pas encore mûr.

### III.1.2.5. Conductivité électrique :

Echantillonnage	Départ	Milieu	Fin
CE ms /cm	6.02	4.78	3.14

**Tableau 13** : Evolution de CE



**Figure13** : Evolution de CE

L'évolution de la CE (figure 13) montre que les différents tests de premier mois partent d'une valeur entre 6.02 et 3.14 ms/cm cette valeur est assez élevée est peut s'expliquer par la salinité des matériaux de départ environ de 60<sup>ème</sup> jours du compostage il est à remarquer que les tests qui avaient au départ une salinité supérieure aux autres ont diminué leur salinité peut s'expliquer par le lessivage des sels suite aux précipitations d'arrosage.

### III.1.2.6. Capacité des échanges cationique :

Calcul :

$$CEC = (V \text{ H}_2\text{SO}_4 - V \text{ Témoins}) \times 2 \times 0,05 \times (150/20) \times (100/10)$$

Echantillon	V : H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	V : T	CEC(meq/100g)
1	4,2	0,2	30
2	4,2	0,2	30

**Tableau 14** : Valeur de CEC

La capacité d'échange cationique, (meq/100 g MO), est la quantité de cations échangeables qu'un substrat peut adsorber par unité de masse.

La CEC augmente généralement au cours de la phase de fermentation, puis se stabilise. L'augmentation traduit une réorganisation de la matière organique dont la masse globale diminue contribuant ainsi à une concentration des sites échangeurs de cations. MATHUR et al. Rapprochent cette évolution de la synthèse des substances humiques, dont la CEC est très forte. Si l'évolution de la CEC, semble bien reliée à un processus de stabilisation de la matière organique, ce paramètre auparavant ne peut être utilisé comme un indicateur de stabilité, car sa valeur varie en fonction de l'origine des composts. D'un point de vue agronomique, la connaissance de la valeur de CEC est néanmoins intéressante, puisqu'une forte CEC permettra d'éviter la lixiviation des cations (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>) après incorporation dans le sol.

Valeur moyenne du réservoir de fertilité de la CEC (optimum 11 à 19)			
Faible	Moyen	Important	Très élevés
5-8meq/100g	8-15meq/100g	15-25meq/100g	25-40meq/100g

**Tableau 15** : Valeur moyenne du réservoir de fertilité de la CEC (optimum 11 à 19).

**Remarque :**

Capacité des échanges cationique de ce composte est 30meq/100g elle est très élevés.

La CEC évolue dans le même sens que le PH du fait de la libération de charge négative avec l'augmentation du PH.

La CEC augment au cours du compostage et atteint des valeurs supérieures à 30mes/100g.

### III.1.2.7. Les minéraux :

Les minéraux peuvent être classés en deux groupes différents selon leur Intérêts. Ainsi on distingue des minéraux qui sont des indicateurs de la Qualité environnementale des composts comme le fer, le manganèse, le zinc Et le cuivre. Un excès de ces minéraux peut représenter une forme de Pollution et de dégradation de la qualité chimique du compost. L'autre groupe est celui des minéraux à intérêt agronomique tel que le potassium, le Calcium et le magnésium qui sont des indicateurs de la valeur fertilisante du compost.

	NA+(mg/l)	NA+(meq/100g)	K+(mg/l)	K+(meq/100g)
<b>Echantillon 1</b>	75.90	2.60	96.14	3.620
<b>Echantillon 2</b>	73.80	2.47	98.99	3.730

	Ca++(mg/l)	Ca++(meq/100g)	Mg++(mg/l)	Mg++(meq/100g)
<b>Echantillon 1</b>	126.4	9.22	61.97	7.65
<b>Echantillon 1</b>	115.4	8.39	63.88	7.89

**Tableau 16** : les valeurs de différents élément fertilisants

### III.1.2.8. Evolution d'azote :

**Calcul :**

$$N\% = V \text{ Chute} \times 7 \times 10^{-4} \times 100 / 20 \times 100 / 0,1$$

$$N\% = 0.2 \times 7 \times 10^{-4} \times 100 / 20 \times 100 / 0,1$$

$$= 0,7 \%$$

La diminution du pourcentage d'azote pourrait s'expliquer par son lessivage suite aux arrosage successifs et aux pluies.

**III.1.2.9. Rapport C/N :**

**C/N= 35,5**

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

Le résultat obtenu du compostage de rapport C/N est 35.5. 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),

## Conclusion :

La valorisation des déchets d'animaux ou ce qu'on appelle le compostage est un mode de traitement visant à réduire leurs effets nuisibles à l'environnement et à obtenir de nouveaux produits à base biologique pouvant contribuer à limiter l'utilisation des matières premières non renouvelables et des produits purement chimiques. La question principale à laquelle nous avons tenté de répondre au cours de ce travail peut se formuler de la manière suivante : que se passe-t'il et quels sont les analyses à faire lors du compostage ?

Le compostage est la transformation d'une matière organique très instable et fortement biodégradable en une matière organique stable (Leclerc, 2001). Le compostage est un processus contrôlé de dégradation de constituants organiques d'origine végétale et animale. Au terme de ce modeste travail, il convient de récapituler les principaux résultats obtenus sur les différentes analyses réalisées. Cette étude est conduite en vue de contribuer à une meilleure connaissance du compostage du fumier.

Les résultats obtenus sur les observations physiques, les analyses physico-chimiques sont consignés dans des tableaux et interprétés.

Concernant le pH et la température. La valeur du pH du compost varie en fonction du temps d'évolution du compostage allant des valeurs indiquant un pH alcalin lors des 1<sup>ères</sup> semaines jusqu'à la stabilité sur une valeur du pH proche de la neutralité aux derniers temps. De même pour la température du compost en enregistrant une variation au cours du temps lors du compostage avec un pic atteignant les 60°C.

Ainsi, nous avons constaté après les 3 mois du compostage une valeur de Carbone organique de l'ordre de 24,85%, qui nous a permis de classer notre compost dans un niveau instable avec un degré de maturité faible.

On ce qui concerne la CEC, nous avons remarqué une augmentation de la valeur de cette dernière au cours du compostage qui atteint une valeur très élevée de l'ordre de 30meq/100g. De plus, le rapport C/N est également un indicateur très utilisé dans l'étude du compost qui diminue au cours du compostage. Le rapport obtenu est de 35.5% où les micro-organismes se développent le plus vite et l'humification y est activée.

Cette étude ne constitue qu'un bref aperçu de base sur le compostage permettant en parallèle avec d'autres analyses et d'autres méthodes de suivre l'évolution de l'état des différents types de compost, de trouver les solutions nécessaires pour remédier à la situation

dans laquelle se trouvent actuellement nos agroécosystèmes qui sont menacés par l'utilisation abusive des fertilisants chimiques.

L'une des composantes importantes de l'agriculture durable est l'adoption des pratiques de conservation du sol, des programmes de fertilité du sol et des pratiques de gestion durable de fertilisation organique qui permettent la stabilité et la productivité du sol à long terme. Le maintien d'un sol sain est donc primordial pour une agriculture durable.

Un défi scientifique majeur de l'Agriculture moderne est de concevoir des systèmes de culture à bas niveaux d'intrants à la fois productifs durables et respectueux de l'environnement. Cet enjeu est également prégnant avec des sols souvent dégradés et un besoin de production vivrière qui s'accroît face à la pression démographique. Dans cette approche basée sur l'intensification écologique, il devient nécessaire de redonner une place centrale aux processus écologiques fondés sur les fonctions réalisées par le compostage et/ou la valorisation biologique des déchets des animaux d'élevage tel que les bovins.

## Références bibliographiques

- Adas (1993).** Les fertilisants organiques. Sciences et techniques de l'an 2000 : 124 pages.
- Aubert C. (1998).** Le compostage des fumiers de volailles. Recueil des Interventions du 15 decembre 1998. Paris. ACTA/ADEME/Ministère de L'Agriculture et de la Pêche : 45-55. Baghdad 22-24/3/1999.
- Ben Kheder M. (1998).** Fertilisation Des Culture De Primeur. Journées d'information CFRA JEMMAL 9/101998. P 4-5.
- Golden 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+annexes.
- Golden B. (1995).** La gestion des effluents d'élevage. Techniques et aspect du Compostage dans une ferme biologique. Revue de l'Ecologie. No 13. P37.
- Groupement de Recherche en Agriculture Biologique. (1988).** Effets comparés de Fertilisation organique et minérale sur le lessivage des nitrates et la dynamique De l'azote au cours d'une rotation. Rapport final 1984-1988, ANRED, Conseil Régional PACA, 62 pages.
- Hacala S. (1998).** Le compostage du fumier en exploitation d'élevage. Recueil Des interventions du 15 decembre 1998. Paris. ACTA/ADEME/Ministère de L'Agriculture et de la Pêche : 28-43.
- Hacala S., Farruggia A., Le Gall A., Pfimlin A. (1999).** Le compost, mieux qu'un Engrais de ferme. Technipel editions, 12 pages.
- Halberg N. (1999).** Indicators of ressources use and environmental impact for Use in a decision aid for Danish livestock farmers. Cité par ITAB (2001). Guide Des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001.
- Hoitink H.A.J. (1995).** The Composting Process. Cité par ITAB (2001). Guide des Matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001.
- ITAB (2001).** Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001 p 22-23.
- ITAB (2001b).** Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001 p 87.
- ITAB (2001c).** Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001 p 122.
- ITAB (2001d).** Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001p 105-106.
- ITAB (2001e).** Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001 p112.
- ITAB (2001f).** Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001 p115-119.

**ITAB (2001g).** Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001p 124-132.

**ITEB (1991).** L'élevage bovin et l'environnement –guide pratique. Annexe :

Bâtiments d'élevage bovin et porcin- réglementation et préconisations.

Ministère de l'Agriculture, ITEB, 94 pages.

**Kai., Hideaki, Tohru U., Masahiro S. (1990).** Antimicrobial activity of bark-compost extracts. Cité par ATTRA : Appropriate Technology Transfer for Rural

Areas.(<http://www.attra.org/attra-pub/PDF/comptea.pdf>).

**Leclerc B., George P., Cauwel B., Lairon D. (1995).** A five year study on nitrate leaching under crops fertilized with mineral and organic fertilizers in

lysimeters. Cité par ITAB (2001). Guide des matières organiques. Tome 1.

Deuxième édition 2001.

**Le Houérou B. (1993).** Les dépôts de fumiers au champ : pertes en azote par

Percolation des jus sous les tas. In Uget 13, Dossier Ruralité Environnement

Développement. Luxembourg, 18 novembre 1992. P 73-83.

**Lorthios P. (1998).** Hygénéisation des fumiers d'ovins lors du compostage.

Recueil des interventions du 15 decembre 1998. Paris. ACTA/ADEME/Ministère

L'Agriculture et de la Pêche : 91-95

**Mustin M. (1987).** Le Compost, gestion de la matière organique.F. Dubuse 954 pages.

**Ragdale J.V., Stasis P., Rudd M.J., Bradsha W. (1992).** Mulch production from

yardtrash. Biocycle. Cité par ITAB (2001). Guide des matières organiques.

Tome 1. Deuxième édition 2001.

**Serra-Wittling C. (1995).** Valorisation de composts d'ordures ménagères en

Protection des cultures : influence de l'apport de compost sur le

Développement de maladies d'origine tellurique et le comportement de

Pesticides dans un sol. Thèse de doctorat, INA-PG, 221p + annexes.

**Serra-Wittling C., Houot S., Alabouvette C. (1996).** Increased soil supressiveness

To Fusarium wilt of flax after addition of municipal solid waste compost. Cité

**Par ITAB (2001). Guide des matières organiques.** Tome 1. Deuxième édition

2001.

**Serra-Wittling C., Houot S., Alabouvette C., Rouxel F. (1997).** Supressiveness of

Municipal solid waste composts to plant diseases induced by soilborne

pathogens. Cité par ITAB (2001). Guide des matières organiques. Tome 1.

Deuxième édition 2001.

**Tillie M., Capdeville J. (1992).** Etude sur les déjections de bovins. Octobre 1992

**Tranker., Andreas. (1992).** Use of agricultural and municipal organic wastes to develop suppressiveness to plant pathogens. Cité par ATTRA : Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. (<http://www.attra.org/attrapub/PDF/comptea.pdf>).

**Weltzen H. C. ( 1990).** The use of composted materials for leaf disease suppression in field crops. Cité par ATTRA : Appropriate Technology Transfer For Rural Areas. (<http://www.attra.org/attra-pub/PDF/comptea.pdf>).

**Wuart J. (1997).** Qualité, maturité et efficacité agronomique des composts de Déchets verts : synthèse de références. Session de formation : valeur Agronomique des composts. 17-21/3/1997. Trie-château.

**Ziegler D., Héduit M. (1991).** Engrais de ferme, valeur fertilisante, gestion et Environnement. ITCF, ITP, ITEB, France **35p.**

The objective of composting is to improve the physico-chemical and biological quality of manure to make it a valued product that can be used in agriculture.

From this work, we followed the composting process for a period of three months from February to May to assess the quality of compost produced. By analyzing the following parameters: Humidity, pH, organic matter content, organic carbon content, nitrogen and various nutrients. We opted for windrow composting to verify the performance of this mode, and report on the management of the fermentation area space. The pH reached 8.02 after 3 months of composting. The compost obtained has a fine fraction 2 mm. It contains carbon contents 24.85 %, organic matter 41.71 %, 0.7 % Nitrogen, Phosphorus, Potassium and C/N Acceptable 35.5. This value shows that the compost obtained and walled from international standards.

L'objectif du compostage est d'améliorer la qualité physique- chimiques et biologique du fumier pour en faire un produit valorisée et utilisable en agriculture.

A partir ce travail, Nous avons effectué un suivi du processus de compostage pendant une durée detrois mois allant de février à Mai afin d'évaluer la qualité du compost produit,

Par l'analyse des paramètres suivants : L'humidité, le pH, la teneur en matière organique, la teneur en carbone organique, l'azote et les différents éléments nutritifs.

Nous avons opté pour le mode de compostage par andains afin de vérifier le rendement de ce mode, et rendre compte de la gestion de l'espace de l'aire de fermentation.

Le pH a atteint 8,02 après 3 mois de compostage, Le compost obtenu a une Fraction fine  $\leq 2$  mm Il contient des teneurs de carbone 24,85%, de matière organique 41,71%, d'azote 0,7, de phosphore, de Potassium et un rapport C/N acceptables 35,5 Cette valeur montre que le composte obtenu et mur à partir les normes internationales.

الهدف من التسميد هو تحسين ا جودة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للسماد لجعله منتجًا قيمًا يمكننا استخدامه في الزراعة.

من هذا العمل، تابعنا عملية التسميد لمدة ثلاثة أشهر من فبراير إلى مايو لتقييم جودة السماد المنتج،

من خلال تحليل المعلمات التالية: الرطوبة، درجة الحموضة، محتوى المادة العضوية، محتوى الكربون العضوي، النيتروجين والمواد المغذية المختلفة.

اخترنا الكومبوست لوندنا للتحقق من نوعية هذا المنتج، وتقديم تقرير عن تتبع منطقة لتخمير.

بلغ الرقم الهيدروجيني 8.02 بعد 3 أشهر من التسميد، والسماد الذي تم الحصول عليه عبارة من جزيئات صغيرة  $\geq 2$  مم

ويحتوي على الكربون بنسبة 24.85 %، المادة العضوية 41.71 %، النيتروجين 0.7، الفوسفور البوتاسيوم بنسبة

C / N 35.5 مقبولة

هذه القيم تبين أن السماد الذي تم الحصول عليه ذو جودة حسنة وفقا للمعايير الدولية.

**Chapitre I :**

**Partie théorique**

**Chapitre II :**

***Partie expérimental***

*Conclusion*

# *Introduction*

# **Chapitre III**

## **Résultat et Discussions**

**Résumé**

# *References bibliographies*

The image features the text "References bibliographies" in a bold, italicized, black serif font. Below the main text, there is a smaller, golden-brown version of the same text, which is slightly offset and appears to be a shadow or a secondary layer. The background is plain white.