

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOD MAMMERI DE TIZI OUZOU

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques



## Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master II

*Domaine : Science de la nature et de la vie*

*Spécialité : Réhabilitation et Restauration des Sols*

### THEME

## ***EVALUATION DE LA PHYTOTOXICITE DE CO-COMPOSTS A BASE DE SOUS PRODUITS OLEICOLES***

Proposé et dirigé par :  
Mme MOUAS- BOURBIA S.

Présenté par :

BERROUANE Nassim  
ZEMOUCHE Smail

Soutenu le: 20/07/2017

Devant le :

Président : Mr MERROUKI K.

M.A.B U.M.M.T.O

Encadreur : Mme MOUAS-BOURBIA S.

M.A.A U.M.M.T.O

Co-encadreur : Mlle OMOURI O.

M.A.A U.M.M.T.O

Examineur : Mme TAIBI H.

M.A.A U.M.M.T.O

Promotion : 2016/2017

# REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu, le tout puissant et le miséricordieux, de m'avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme ma formation de master.

Mes vifs remerciements vont aux membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail :

- ❖ **Mme BOURBIA S** ; Maitre de conférences à l'UMMTO pour avoir dirigé ce travail avec une efficacité et rigueur scientifiques qui lui sont propres. Pour sa disponibilité et la patience qu'elle a eu à notre égard.
  
- ❖ Notre profonde reconnaissance va à **M<sup>r</sup> MERROUKI K.** Maitre de conférences à l'UMMTO qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury.
  
- ❖ **Mme TAIBI H** ; Maitre de conférences à l'UMMTO pour avoir accepté de faire partie du jury, par ses conseils et remarques elle contribuera à améliorer la qualité de ce travail.
  
- ❖ Nos remerciements à **Mme OMOURI O.** maitre assistante à l'UMMTO.

Nous adressons un grand remerciement à **Mme TIBICHE G.** Et **Mlle ISSAOUNE DJ.**

## Dédicaces

A mon très cher père qui m'a tout appris, pour toutes les peines et les sacrifices qu'il s'est donné pour me voir réussir dans la vie.

A ma chère mère, que ce travail soit pour le témoignage de mon infinie reconnaissance pour ton aide précieuse et toutes ces années de compréhension.

A mon frère : Amine

A toute la promotion Master II RSS

Et à tous ceux qui me sont chères,

Je dédie ce travail ...

**B Nassim .**

## Dédicaces

A la mémoire de ma très chère sœur Dahbia

A mon très cher père qui ma tout appris, pour toutes les peines et les sacrifices qu'il s'est donné pour me voir réussir dans la vie.

A ma chère mère, que ce travail soit pour toi le témoignage de mon infinie reconnaissance pour ton aide précieuse et toutes ces années de compréhension.

A mes frère : M'hana, Makhlouf

A mes sœurs : Nadia, Ouiza et ces enfants

A toute la promotion Master II R.R.S

Et à tous ceux qui me sont chers,

Je dédie ce travail ...

Z Smail .

### Liste des figures

**Fig. 1.** processus de compostage

**Fig.2.** Courbe d'évolution théorique de la température et des caractéristiques de la microflore et de son activité au cours du compostage.

**Fig.3.** Localisation de site expérimental

**Fig.4.** Principe du quartage

**Fig.5.** Mesure de la température d'un andain

**Fig.6.** Détermination de la densité apparente

**Fig.7.** Détermination de la matière sèche et de l'humidité du compost

**Fig.8.** Détermination du taux de la matière sèche

**Fig.9.** Détermination de la distribution des différentes particules du compost

**Fig.10.** Matériels utilisé (A-agitateur, B-balance analytique, C-pH-mètre)

**Fig.11.** Conductimètre (mesure de la CE du compost)

**Fig.12.** Détermination du carbone organique (A-échantillons. B-Dessiccateur. C-Balance de précision)

**Fig.13.** Germination des grains d'orge (Variété El Fouara)

**Fig.14.** Evolution de la température des andains

**Fig.15.** Mesure de la densité des andains

**Fig.16.** Taux d'humidité des différents andains

**Fig.17.** Granulométrie des andains

**Fig.18.** Evaluation du pH de différents andains

**Fig.19.** Conductivité électrique de différents andains

**Fig.20.** Pourcentage du carbone organique de différents andain

**Fig.21.** Dispositif expérimental .

**Fig.22.** Indice de germination de l'orge, a : dans le cas de l'épandage des composts (VA), b : dans le cas du mélange avec la tourbe (VH).

**Fig.23.** Pourcentage de la matière sèche foliaire (%MSF), a : dans le cas de l'épandage des composts (VA), b : dans le cas du mélange avec la tourbe (VH).

**Fig.24.** Pourcentage de la matière sèche racinaire (MSR %), a : dans le cas de l'épandage des composts (VA), b : dans le cas du mélange avec la tourbe (VH).

**Fig.25.** Rapport de la matière sèche aérienne et matière sèche racinaire (MSA/MSR), a : dans le cas de l'épandage des composts (VA), b : dans le cas du mélange avec la tourbe (VH).

**Fig.26.** Rapport de la biomasse aérienne et racinaire (BA/BR) , a : dans le cas de l'épandage des composts (VA), b : dans le cas du mélange avec la tourbe (VH).

**Fig.27.** Longueur racinaire (LR), a : dans le cas de l'épandage des composts (VA), b : dans le cas du mélange avec la tourbe (VH).

**Fig.28.** Indice de germination avec longueur racinaire (IG), a : dans le cas de l'épandage des composts (VA), b : dans le cas du mélange avec la tourbe (VH).

### **Liste des tableaux**

**Tableau.1.** Température et durée d'exposition nécessaire à la destruction de pathogènes

**Tableau.2.** Synthèse de la composition des andains et des différents traitements du processus de compostage

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**And** : Andain.

**BA** : Biomasse aérienne.

**BR** : Biomasse racinaire.

**B.N.Q** : Bureau de Normalisation du Québec.

**C** : carbone.

**CEN** : Comité Européen de Normalisation.

**C.F.P.A** : Centre de Formation Professionnel et d'Apprentissages.

**C/N** : rapport teneur en carbone sur teneur en Azote.

**C-à-d** : c'est-à-dire.

**CE** : conductivité électrique.

**cm** : centimètre.

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone.

**D.S.A.S.I** : Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information.

**Da** : densité apparente.

**g** : gramme.

**%H** : pourcentage d'humidité.

**H** : heure.

**I.T.M.A.S** : Institut de technologie de montagne agricole spécialisé.

**IG** : Indice de germination.

**%G** : Pourcentage de germination.

**K** : potassium.

**Kg** : Kilogramme.

**LR** : Longueur racinaire.

**m** : mètre.

**M.O** : Matière Organique.

**m.o** : Microorganisme.

**m<sup>3</sup>** : Mètre cube.

**MSF** : Masse sèche foliaire.

**MSR** : Masse sèche racinaire.

**ml** : millilitre.

**MS** : matière sèche.

**mS/m** : milli siemens par mètre.

**N** : Azote.

**VA** : Valorisation agricole.

**VH** : Valorisation horticole.

**O<sub>2</sub>** : Oxygène.

**P** : phosphore.

**pH** : potentiel Hydrogène.

**Qx** : quintaux

**S** : siemens.

**T** : température.

**AH/AF** : Acide Humique/Acide Fulvique.

**CLPP** : Community Level Physiological Profiles (CLPP).

## *LISTE DES ABREVIATIONS*

---

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>I. Le compostage</b>	
<b>I.1. Historique .....</b>	<b>4</b>
<b>I.2. Définition.....</b>	<b>4</b>
<b>I.2.1.Compost .....</b>	<b>4</b>
<b>I.2.2.Grignons d'olive .....</b>	<b>5</b>
<b>I.2.3.Fientes : .....</b>	<b>5</b>
<b>I.2.4.Boues de station d'épuration.....</b>	<b>5</b>
<b>II. Utilisation agricole des boues .....</b>	<b>6</b>
<b>III. But du compostage.....</b>	<b>6</b>
<b>III.1.Différents procédés de compostage .....</b>	<b>6</b>
<b>III.2.Différentes phases de compostage .....</b>	<b>7</b>
<b>III.2.1Phase mésophile .....</b>	<b>7</b>
<b>III.2.2.Phase thermophile.....</b>	<b>7</b>
<b>III.2.3.Phase de refroidissement.....</b>	<b>7</b>
<b>III.2.4.phase de maturation .....</b>	<b>8</b>
<b>IV. Caractéristiques physico-chimiques du compost .....</b>	<b>8</b>
<b>IV.1.Mesure des températures .....</b>	<b>9</b>
<b>IV.2.Granulométrie .....</b>	<b>10</b>
<b>IV.3.Mesure de pH .....</b>	<b>10</b>
<b>IV.4.L'eau.....</b>	<b>10</b>
<b>IV.5. L'oxygénation .....</b>	<b>10</b>
<b>IV.6.Humification : rapport (AH/AF) .....</b>	<b>11</b>
<b>V. Qualité du compost.....</b>	<b>11</b>
<b>V.1. Définition de la qualité d'un compost .....</b>	<b>12</b>
<b>V.2.Evaluation de la maturité d'un compost .....</b>	<b>13</b>
<b>V.3.Maturité et stabilité d'un compost.....</b>	<b>13</b>
<b>V.4. Paramètres de qualité de compost.....</b>	<b>14</b>
<b>V.4.1. Paramètres physique .....</b>	<b>14</b>
<b>V.4.1.1. Odeur et couleur .....</b>	<b>14</b>
<b>V.4.1.2. Température.....</b>	<b>15</b>
<b>V.4.1.3. Humidité .....</b>	<b>15</b>
<b>V.4.1.4. Densité apparente .....</b>	<b>15</b>

V.5.2. Paramètres chimiques .....	15
V.5.2.1. PH.....	16
V.5.2.3. Rapport C/N .....	16
V.5.2.4. Carbone soluble dans l'eau .....	16
V.5.2.5. Capacité d'échange cationique .....	17
V.4.2.6. Rapport nitrate / ammonium (NH <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	17
V.6.3. Paramètres biologiques .....	18
V.6.3.1. Mesures de la respiration.....	18
V.6.3.2. Activités enzymologiques .....	18
V.6.3.3. Etude des communautés microbiennes.....	18
V.6.3.4. Test d'auto-échauffement .....	19
V.6.3.5. Test de la Phytotoxicité .....	19
VI. Avantages du compostage.....	20
VII. Inconvénients et limites du compostage.....	21
VIII. Valorisation de compost .....	21
VIII.1. Horticulture .....	21
VIII.2. Culture des champignons .....	21
VIII.3. Arboriculture et viticulture.....	21
VIII.4. Les cultures en pot .....	21
VIII.5. Maraichage .....	22
VIII.6. Plantes d'intérieur.....	22

## **II. Matériel et méthodes**

I. Caractérisation et localisation du site expérimental .....	24
II. Mise en place des andains .....	24
III. Composition des différents andains.....	25
III.1. Méthode d'échantillonnage.....	26
III.2. Principe de quartage.....	26
IV. Caractéristiques physiques.....	27
VI.1. Suivi de la température.....	27
VI.2. Densité apparente.....	27
VI.3. Humidité et matière sèche végétale .....	28

VI.5. Analyse granulométrique .....	29
V. Caractéristiques chimiques.....	30
V.1. Détermination du pH.....	30
V.2. Détermination de la conductivité électrique (CE) .....	32
V.3. Détermination du carbone organique.....	33
VI. Caractéristiques biologiques .....	34
VI.1. Test de phytotoxicité .....	34
VI.2. Valorisation horticole.....	35
VI.3. Valorisation agricole .....	36

### **III. Résultat et discussion**

I. Caractéristiques physiques.....	38
I.1. Suivi de la température des andains.....	39
I.2. Densité apparente.....	40
I.3. Humidité.....	41
I.4. Granulométrie.....	42
II. Caractéristiques chimiques.....	42
II.1. Détermination du pH.....	42
II.2. Détermination de la conductivité électrique (CE).....	43
II.3. Détermination du carbone organique.....	44
III. Test de phytotoxicité.....	45
III.1. Indice de germination (%G).....	45
III.2. Biomasse aérienne sèche (MSF), la biomasse racinaire sèche (MSR).....	47
III.3. Rapport biomasse aérienne et biomasse racinaire fraîche (BA/BR).....	51
III.4. Longueur racinaire(LR) .....	53
III.5. Indice de germination avec longueur racinaire (IG).....	55
III.6. Valorisation des composts.....	57
Conclusion.....	59

## Introduction

Les sols d'Algérie sont généralement caractérisés par leur faible taux de la matière organique, conséquence du type de climat qui règne dans nos régions et des systèmes culturaux pratiqués qui ne sont pas favorable a la constitution d'une réserve organique dans le sol (KOULL, 2007). En Algérie, la dégradation et la perte du sol sont très avancées et chaque année des quantités importantes de sols sont perdues et emportées par les eaux et le vent. Ces phénomènes sont aggravés par les systèmes de production et les méthodes et outils de travail du sol (ZAGHOUANE et *al*, 2006).

L'Algérie possède peu d'amendements organiques (Anonyme 1). Il s'agirait donc de trouver des gisements de matière organique. Deux sources majeures apparaissent : le grignon d'olives et les margines qui sont rejetés en grandes quantités dans la nature provoquant des effets nuisibles et nocifs pour l'environnement.

L'apport de compost sur les sols agricoles permet d'entretenir leur statut organique, c'est-à-dire la quantité et la qualité de leur matière organique endogène susceptible de conditionner leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques (LASHMERS, 2010).

En effet, il est généralement admis que les composts contribuent à l'entretien de la matière organique des sols, améliorant ainsi leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques, et qu'ils apportent des éléments fertilisant aux cultures (LECLERC, 2001).

L'Algérie importe les substrats comme la tourbe, le terreau utilisé en pépinière. Souvent ces substrats au coût prohibitif, constitue un frein économique au bon fonctionnement des pépinières. Ces composts à base de grignons d'olives et boues d'épuration pourraient constituer une alternative intéressante à la rareté de la matière organique des sols et des substrats en pépinière.

De plus les grignons d'olives, la margine, les boues d'épuration représentent un sérieux problème environnementale. La valorisation par compostage est l'une des méthodes utilisée pour réduire ces problèmes environnementaux, causé par les sous produits de l'oléiculture afin d'obtenir un compost de qualité à un usage agricole et horticole

L'exigence principale d'un compost pour qu'il soit utilisé en toute sécurité dans le sol est son degré de stabilité et de maturité, ce qui implique une matière organique stable, absence de composés phytotoxiques pour les plantes ou des agents pathogènes d'origine animale. La maturité est associée avec un potentiel de croissance des plantes ou à la

phytotoxicité (IANNOTTI et al., 1993), alors que la stabilité est souvent liée à l'activité microbienne du compost.

Dans ce contexte l'objectif de notre travail est l'évaluation de la qualité de composts issus du co-compostage de sous-produits oléicoles avec des boues de station d'épuration irrigués avec de la margine. Ce travail vient compléter celui de ISSAOUN Djamila, YAHIAOUI- TIBICHE G(2016) ., et AZZI H TEBANI S(2016).

Pour ce faire nous avons testé les hypothèses suivantes :

- 1- Les composts ont atteint la stabilité ;
- 2- Les composts présentent une bonne qualité physique et chimique ;
- 3- Les composts ont atteint leur maturité.

Notre mémoire se scinde en 3 chapitres :

Chapitre 1 : synthèse bibliographique.

Chapitre 2 : matériels et méthodes.

Chapitre 3 : résultats et discussion.

Une conclusion associée à des perspectives vient clore notre travail.

# **Synthèse bibliographique**

## I. Le compostage

### I.1. Historique

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

Au Proche-Orient par exemple, une aire de dépôt des déchets urbains étaient brûlés et les autres compostés.

Aussi le mot « compost » vient du latin « compositus » qui signifie composé de plusieurs choses (ZNAIDI ,2002).

### I.2. Définition

Le compostage est un processus naturel de « dégradation » ou de décomposition de la matière organique par les micro-organismes dans des conditions aérobies. Les matières premières organiques, telles que les résidus de culture, les déchets alimentaires, restes animaux, certains déchets urbains et les déchets industriels appropriés peuvent être appliquées aux sols tant en que fertilisants, une fois le processus de compostage terminé (MISRA et al. 2005).

#### I.2.1.Compost

Le compost est une matière brunâtre qui ressemble à du terreau, il provient de la décomposition contrôlée des matières organiques par millions d'organismes vivants, depuis les bactéries microscopiques jusqu'aux vers de terre (SMEESTERS ,1993).

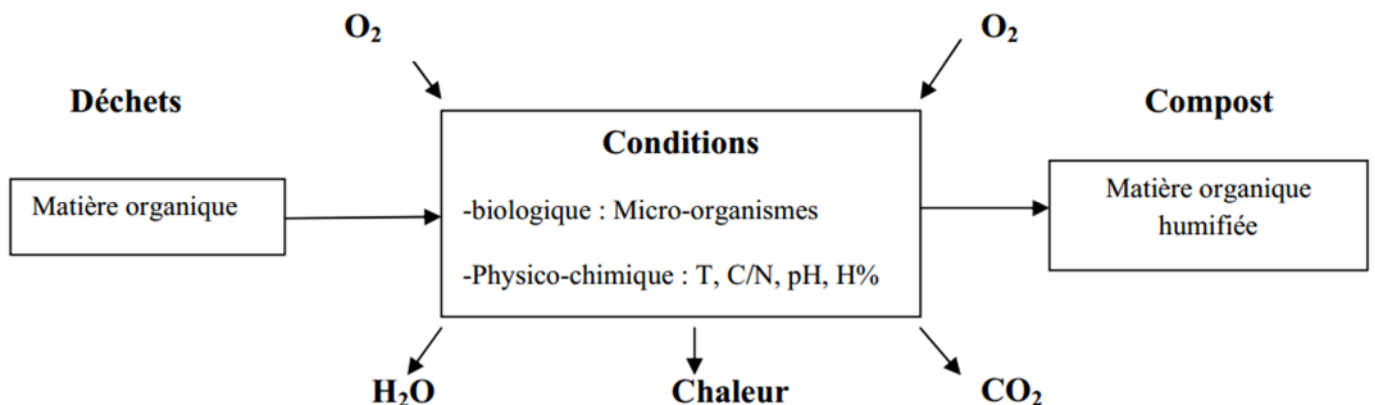


Figure 1 : processus de compostage (CHARNAY.2005)

## **I.2.2.Grignons d'olive**

Le grignon d'olive est un résidu de l'extraction d'huile des olives entières broyées obtenu soit par pression soit par centrifugation. Il est constitué par un agrégat de pulpes, de pellicules du fruit, de coques, de noyaux fragmentés et de l'amendant. Il est riche en cellulose brute et pauvre en matières azotées. (BENYAHIA et ZEIN, 2003).

Selon la direction des statistiques agricoles et des systèmes d'information (DSASI) 169900 qx de grignons d'olives ont été produits dans la wilaya de TIZI OUZOU durant la campagne agricole 2015/2016.

## **I.2.3.Fientes :**

Elles sont constituées de fèces, d'urines, de plumes, d'œufs ou de coquilles d'œuf, et de litière. C'est un mélange hétérogène.

Pour l'aspect des fientes varie en fonction de leur humidité de : 15 à 20% d'humidité, elles sont sèches, poussiéreuses, gris clair, elles sont plus volontiers appelées" fumier", et concernent les volailles de chair. À 70% d'humidité, elles sont visqueuses, magmatiques, et très foncées, on parle alors de fientes de poules pondeuses (FOURMONT, 1982).

## **I.2.4.Boues de station d'épuration**

Les boues sont définies par le Comité Européen de Normalisation (CEN) comme « un mélange d'eau et de matières solides, séparé par des procédés naturels ou artificiels des divers types d'eau qui le contiennent ». Les boues de station d'épuration sont issues du traitement des eaux usées domestiques ou industrielles. En effet, l'eau consommée ou utilisée par l'homme à l'échelle domestique ou industrielle génère inévitablement des déchets. Les eaux usées sont recueillies par les égouts et dirigées vers les stations d'épuration afin d'être purifiées avant leur réintroduction dans le milieu naturel. Leur traitement dans les stations permet de séparer une eau épurée d'un résidu secondaire, les boues, bien pourvu en matière organique, azote, phosphore ainsi qu'en oligo-éléments. Le traitement des eaux usées permet d'éliminer, d'une part, la partie la plus facilement dégradable de la matière organique et, d'autre part, les différents composés dont les eaux sont chargées (débris alimentaires, graisses, fibres textiles et cellulosiques, savons, lessives et détergents) avant leur réintroduction dans le cycle de l'eau(ALBRECHT, 2007).

## II. Utilisation agricole des boues

La valorisation agricole des boues résiduelles peut être considérée comme le mode de recyclage le plus adapté pour rééquilibrer les cycles biogéochimiques (C, N, P...), pour la protection de l'environnement et d'un très grand intérêt économique. Elle vise à ménager les ressources naturelles et à éviter tout gaspillage de matière organique dû à l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges (LAMBKIN et al. 2004). Les boues résiduelles peuvent ainsi remplacer ou réduire l'utilisation excessive d'engrais coûteux (AMIR, 2005).

## III. But du compostage

Le compostage présente un double objectif :

- Agricole : produire un amendement organique stable appliqué au sol sans impact négatif sur les cultures, et permet donc de combler le déficit des sols surexploités et d'améliorer la fertilité à long terme.
- Environnemental : réduire les nuisances des déchets en contribuant au maintien de la qualité de l'environnement (TAHRAOUI DOUMA, 2013).

### III.1. Différents procédés de compostage

Il existe une grande variété de processus de compostage allant des plates-formes les plus simples, constituées uniquement d'une surface à l'air libre pour placer les andains et de quelques engins (broyeurs, tracto-pelles), aux plates-formes les plus sophistiquées constituées d'espaces abrités, d'appareils de contrôle continu de la température, de la teneur en oxygène, de systèmes de ventilation etc....

- Compostage en andains
- Andains retournés
- Andains aérés passivement
- Tas statique aéré
- Compostage en récipients clos
- Compostage en casier
- Lits rectangulaires remués
- Silos

## III.2. Différentes phases de compostage

L'évolution de la température au cours du compostage permet de distinguer 4 phases liées à l'activité des différentes populations microbiennes (FRANCO, 2003)

### III.2.1. Phase mésophile

c'est une phase de 1-3 jours au cours de laquelle les bactéries et champignons mésophiles dégradent les composés simples comme les sucres, les acides aminés et les protéines, etc. (KEENER *et al.*, 2000 cités par KABORE, 2010). Une conséquence de l'activité des micro-organismes est l'élévation progressive de la température qui est particulièrement importante au début du processus de compostage suite à l'oxydation de produits facilement dégradables. L'énergie présente dans les matières organiques est transformée en chaleur.

### III.2.2. Phase thermophile

C'est la phase pendant laquelle les microorganismes thermophiles dégradent les graisses, la cellulose, l'hémicellulose et certaines lignines (KEENER *et al.*, 2000 cités par KABORE, 2010). Dans un tas de compost, la température peut atteindre 50 à 60°C et parfois plus (70 à 80°C dans des tas de plusieurs dizaines de mètres). Lorsqu'on atteint de telles valeurs, la dégradation de la matière organique est très rapide. (COOPERBAND, 2002 cités par KABORE, 2010). Dans la zone chaude, les gènes de maladies et les graines des adventices éventuellement présents dans les déchets sont neutralisés, de même que les composés organiques phytotoxiques sont détruits. Cette phase de décomposition est jumelée avec une réduction de volume perceptible. La transformation de la matière carbonée sous forme de gaz carbonique ( $CO_2$ ) et l'évaporation de l'eau constituent une autre source de réduction du volume.

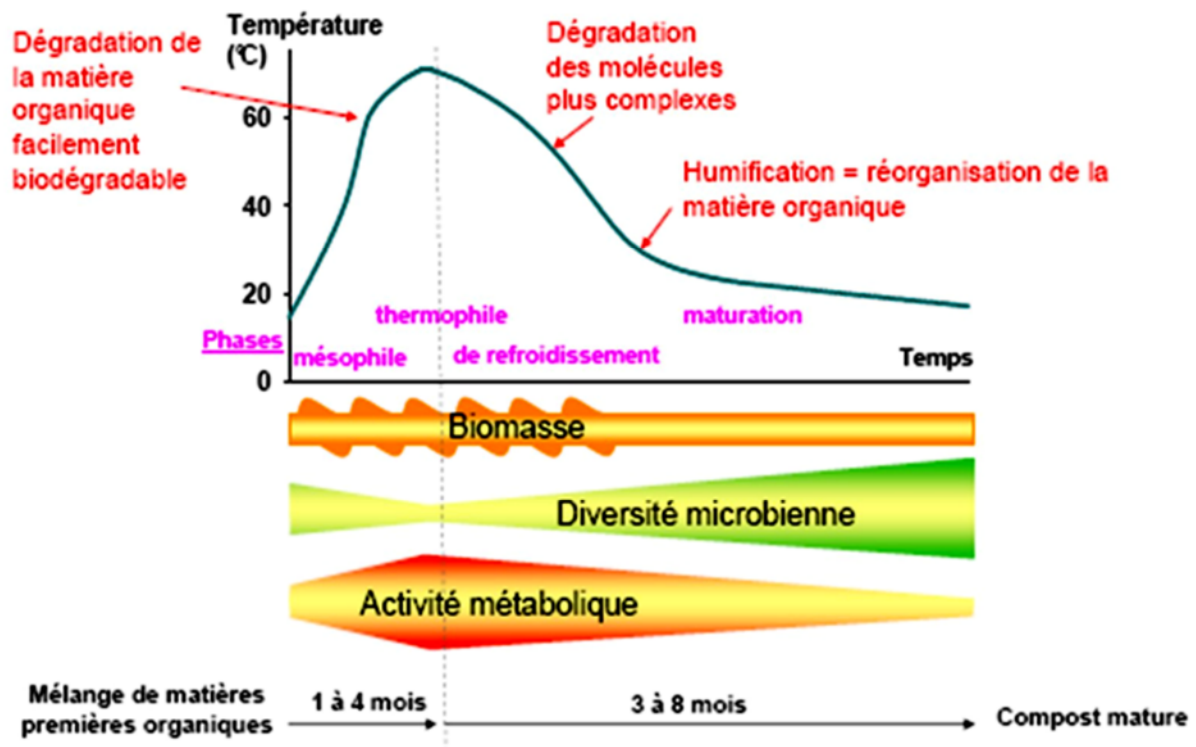
### III.2.3. Phase de refroidissement

Elle se produit lorsque la diminution, de la matière organique facilement biodégradable entraîne un ralentissement de l'activité microbienne. Elle prend fin au retour à la température ambiante. Les micro-organismes dégradent les constituants non dégradés en phase thermophile (LASHERMES, 2010).

## III.2.4. Phase de maturation

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

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



**Figure 2 :** Courbe d'évolution théorique de la température et des caractéristiques de la microflore et de son activité au cours du compostage. (FRANCOU, 2003).

## IV. Caractéristiques physicochimiques du compost

### IV.1. Mesure des températures

Une température minimale est nécessaire à l'activité des micro-organismes et à la dégradation. VENGLOVSKY *et al.*, (2005) rapportent selon STENTIFORD (1996) qu'une température supérieure à 55°C permet l'hygiénisation, entre 45 et 55°C, elle favorise la biodégradation et qu'entre 35 et 40°C elle améliore la diversité des micro-organismes. Une température voisine de 20°C ou supérieure à 82°C inhibe, voire arrête cette activité

microbienne (LIANG *et al.*, 2003). Le suivi de la température est une mesure indirecte de l'intensité des dégradations. Il renseigne également sur la qualité du processus de dégradation : un épuisement en oxygène peut ainsi être décelé puis corrigé par des apports complémentaires et/ou retournement. De plus, ce suivi caractérise au début du processus la qualité du mélange. Les variations des montées en température sont fonction de l'aération et de la composition du substrat. Le Tableau N°01 indique le type de bactéries détruites en fonction de la température atteinte lors du procédé.

**Tableau N°1 :** Température et durée d'exposition nécessaire à la destruction de pathogènes (NOBLE & ROBERTS, 2003 ; LUCERO-RAMIREZ, 2000 ; GOLUEKE, 1991 dans DEPORTES, 1995).

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

Pour obtenir cette hygiénisation du compost, l'U.S.E.P.A (1994) recommande une température de 55 °C au moins pendant 5 jours en compostage à l'air libre. Dans des réacteurs, la température doit dépasser 60 °C pendant une semaine (ADEME, 1998). Les conditions optimales pour une hygiénisation dépendent de la nature du procédé et de la durée de maintien de la température (MARTENS, 2005). En pratique un produit est dit hygiénisé après 15 jours à une température supérieure à 55 °C ou une semaine à 65 °C pour des systèmes à l'air libre, ou 7 jours en aération forcée pour des températures supérieures à 60 °C (W.R.A.P, 2004). Mais même avec une montée en température suffisante, il existe un risque pour le compost de réinfection dû à l'action de certains pathogènes en état de latence (HAMER, 2003).

## IV.2.La granulométrie

La granulométrie est un facteur qui détermine la vitesse de biodégradabilité. Plus la surface spécifique du substrat sera élevée, plus la zone de contact entre le substrat et les micro-organismes, sera étendue et meilleure sera la fermentation (CHARNAY, 2005).

Si la granulométrie est trop fine, elle provoque un <<étouffement>>, si elle est trop grossière elle provoque un dessèchement dû à des circulations d'air importantes (AMIR, 2005).

## IV.3.Mesure de pH

La gamme optimale des pH pour le compostage est encore une fois celle des conditions optimales de vie des microorganismes ; elle est située autour de 7 (MUSTIN, 1987). Au début, les résidus subissent une phase d'acidification (pH diminue de 6,5 à 5,5) due à une production d'acides organiques, suite à la décomposition des hydrates de carbone et des lipides, et à l'immobilisation de l'ammoniac dans la pile microbienne (SYLVIA et al., 2005) . Pendant la phase thermophile, les acides organiques sont dégradés entraînant une alcalinisation du compost (pH augmente de 5,5 à 8), processus accentué par la minéralisation de l'azote (SYLVIA et al., 2005). La volatilisation de l'ammoniac est fréquente au-dessus de pH 8. Au cours de la maturation du compost, le pH est stable et proche de la neutralité (MUSTIN, 1987). Cette stabilité est due aux réactions lentes de maturation et au pouvoir tampon de l'humus (MUSTIN, 1987).

## IV.4.L'eau

L'eau est indispensable pour la croissance microbienne. Selon BERNON et LEBault (1992) ; MISRA et al (2005) la teneur en eau optimale est voisine de 50 %. Un excès d'humidité peut conduire à une élimination trop rapide de l'oxygène donc à l'anaérobiose, de plus une teneur en eau élevée favorise les pertes en calories du système ce qui peut perturber les évolutions thermiques (BERNON et LEBault, 1992).

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

## IV.5. L'oxygénation

La matrice du compost est un réseau de particules solides constitué de vides et d'interstices de tailles variables. Les vides entre les particules sont remplis d'air et/ou d'eau. L'aération forcée ou les retournements du compost permettent l'oxygénation (LASHERMES, 2010). La présence d'oxygène est indispensable au bon déroulement du compostage pour

maintenir les conditions aérobies nécessaires à une décomposition rapide et inodore (CHARNAY, 2005). Un espace lacunaire compris entre 30% et 36% du volume de la matrice est considéré comme optimal. Lorsque les vides sont remplis d'eau, la diffusion d'O<sub>2</sub> est impossible, les conditions deviennent alors anaérobies entraînant la modification des voies de dégradation de la MO (LASHERMES, 2010).

### **IV.6. Humification : rapport (AH/AF)**

Les processus d'humification ont incité de nombreux auteurs à étudier les matières organiques humifiées ou substances humiques. Le fractionnement chimique de la matière organique en humine, acides humiques et fulviques a conduit certains auteurs à élaborer des indicateurs de maturité. Des études montrent notamment une augmentation significative du rapport acide humique sur acide fulvique (AH/AF) au cours du compostage (VEEKEN *et al.*, 2000 ; JOURAIPHY *et al.*, 2005; HUANG *et al.*, 2006). Les résultats trouvés dans la littérature sont assez concordants avec des valeurs inférieures à 1 pour des composts immatures, et supérieures à 1 ou 3 pour les composts mûrs.

### **V. Qualité du compost**

L'évaluation de la maturité du compost a été largement identifiée en tant qu'un des problèmes les plus importants de l'utilisation du compost comme amendement. Pour MONDINI et INSAM (2003), l'emploi de biodéchets provenant d'horizons divers rend indispensable la détermination de la qualité des composts avant leur utilisation en agriculture. En effet, les plus importants facteurs affectant le succès de l'utilisation de compost comme amendement agricole sont les degrés de stabilité et de maturité (SAID-PULLICINO *et al.*, 2007). Ainsi, LARRE-LARROUY et THURIES (2006) affirment que la gestion du processus de compostage doit tenir compte de la valeur agronomique potentielle du produit final en évaluant son degré de maturité.

#### **V.1. Définition de la qualité d'un compost**

La qualité d'un compost est difficile à définir et demeure une notion évasive (LASARIDI *et al.*, 2006). La stabilité et la maturité du compost sont essentielles pour une utilisation optimale comme amendement et source de nutriments pour les plantes (AMIR, 2005). FRANCOU (2003) juge que le terme de maturité reste souvent ambigu, bien que fréquemment cité dans la littérature. Dans la majorité des articles, la stabilité et la maturité ne sont, soit définies que de manière implicite, soit pas définies du tout. Deux approches distinctes coexistent pour décrire la qualité des composts. La première s'appuie sur la notion de transformation d'une matière organique initiale très fortement biodégradable, en une matière organique stable en fin de compostage. Le degré de stabilité du compost est alors

estimé par la biodégradabilité des matières organiques et par leur humification (GARCIA *et al.*, 1993; BERNAL *et al.*, 1998; CHEN, 2003; GRIGATTI *et al.*, 2004; CASTALDI *et al.*, 2005c; ADANI *et al.*, 2006; TANG *et al.*, 2006). La seconde approche considère les effets du compost sur les végétaux. Le degré de maturité est, dans ce cas, relié à l'absence de préjudice pour les plantes suite à l'utilisation de compost. En effet, TIQUIA *et al.* (1997) expliquent que l'apport de compost immature dans un sol engendre des effets négatifs sur la germination et sur la croissance et le développement des plantes. Dans cette optique, le meilleur indicateur de maturité d'un compost reste l'estimation de sa phytotoxicité. De nombreuses études de cet aspect (TIQUIA et TAM, 1998 ; ALBURQUERQUE *et al.*, 2006) suggèrent qu'un compost stable ne signifie pas nécessairement qu'il soit mature puisqu'il peut encore avoir un effet inhibiteur ou phytotoxique sur la croissance des plantes.

L'utilisation agronomique du compost immature, dont la matière organique n'est pas suffisamment stabilisée, est une des causes, les plus fréquemment rencontrées, d'effets néfastes sur le rendement des récoltes (JIMENEZ et GARCIA, 1989). L'effet le plus dangereux de l'application d'un compost insuffisamment mûr reste la séquestration biologique de l'azote disponible du sol par les populations microbiennes (BERNAL *et al.*, 1998). Ceci peut provoquer une déficience en N pour la plante. L'immobilisation de l'azote minéral du sol est due au haut rapport C/N qui caractérise habituellement un compost immature. Ceci engendre une importante augmentation des micro-organismes du sol qui décomposent le considérable excès de composés carbonés présents et assimilent ainsi l'azote pour leur métabolisme et leur croissance (BERNAL *et al.*, 1998). En dehors de cet excès de carbone, la rapide décomposition d'un compost immature peut causer de sérieux dégâts sur le sol et les plantes. Ainsi, la diminution de la concentration en O<sub>2</sub> dans le sol peut mener à la création de zones anaérobies et fortement réductrices (CHIKAE *et al.*, 2007). DEPORTES *et al.* (1995) rapportent que l'accessibilité des métaux lourds diminue avec l'avancement de la maturité du compost. Pour JIMENEZ & GARCIA (1989), la création de ces zones réductrices augmente la solubilité de plusieurs métaux lourds car les formes réduites sont plus solubles que leurs formes oxydées. L'augmentation de leur solubilité dans le sol peut alors causer une absorption accrue et ainsi augmenter leur concentration dans la plante, jusqu'à atteindre des niveaux phytotoxiques. Par ailleurs, DEPORTES *et al.* (1995) rapportent que la forte augmentation de l'activité microbienne du sol engendre une élévation de la température à des niveaux incompatibles avec les fonctions physiologiques normales des racines. De même, la production de substances phytotoxiques, lors de la décomposition du compost, peut provoquer une inhibition de la germination des graines. La plante réagit à cet environnement inhibiteur

en abaissant son niveau métabolique, c'est-à-dire en réduisant sa respiration, l'absorption des nutriments et, selon BONNEAU et SOUCHIER (1980) cités par JIMENEZ et GARCIA (1989), en ralentissant la synthèse de gibbérellines et de cytokinines et leur transport vers les parties aériennes. La présence de composés phytotoxiques est une autre cause de dégâts engendrés par l'application de compost immature. L'effet phytotoxique du compost immature est dû, entre autres causes, à l'émission d'ammoniac (TANG *et al.*, 2006). En effet, la présence de l'ammoniac dans le sol, même en petite quantité, a été décrite comme toxique pour les racines, pour le développement normal des plantes ainsi que pour la germination des graines (JIMENEZ et GARCIA, 1989). WONG (1985) rapporte qu'un oxyde d'éthylène, synthétisé pendant la décomposition du compost dans le sol, participe aussi à cet effet phytotoxique. La présence d'acides organiques dans le compost immature a également été décrite comme cause de sa phytotoxicité (MANIOS *et al.*, 1989, ALBURQUERQUE *et al.*, 2006). Par ailleurs, un compost immature incorporé au sol présente un potentiel de nuisance olfactive (DEPORTES *et al.*, 1995, LASARIDI *et al.*, 2006). Par conséquent, il est essentiel de déterminer le degré de maturité au moyen de méthodes rapides pour éviter tous ces effets nuisibles possibles.

### **V.2. Evaluation de la maturité d'un compost**

L'évaluation de la maturité du compost a été largement identifiée en tant qu'un des problèmes les plus importants de l'utilisation du compost comme amendement (ALBRECHT, 2007). L'emploi de biodéchets provenant d'horizons divers rend indispensable la détermination de la qualité des composts avant leur utilisation en agriculture. En effet, les plus importants facteurs affectant le succès de l'utilisation de compost comme amendement agricole sont les degrés de stabilité et de maturité. La gestion du processus de compostage doit tenir compte de la valeur agronomique potentielle du produit final en évaluant son degré de maturité (HICHAM, 2009).

### **V.3. Maturité et stabilité d'un compost**

La qualité d'un compost est difficile à définir et demeure une notion évasive (ALBRECHT, 2007). La qualité du compost est fonction du degré de stabilisation de la M.O. Il est donc essentiel de déterminer le degré de maturité du produit c.-à-d. le stade à partir duquel le compost n'entraîne plus d'effet négatif sur les végétaux (CHARNAY, 2005). De plus, elle est déterminée en fonction des différents paramètres, tels que le contenu en métaux, en corps étrangers et en agents pathogènes, ainsi que selon son degré de maturité (TAILLEFER, 2010).

Selon la norme AFNOR NFU 44051 (1981) définit un compost mûr comme étant un mélange de produit qui a subi une fermentation thermophile suivie d'une maturation. En effet, nous admettrons qu'un compost est mûr lorsqu'il n'exerce plus d'effets dépressifs sur la végétation aux doses normales d'application (NICOLARDOT, 1986). La stabilité et la maturité du compost sont essentielles pour une utilisation optimale du compost comme amendement du sol et source de nutriments pour les plantes. Un compost non stable et non mature va poser des problèmes de stockage et de transport dus à des dégagements gazeux ou malodorants, infestation de mouches et moustiques, et des problèmes de phytotoxicité ou de pollution après épandage au sol, un compost stable et mature conduira à une minéralisation réduite du carbone apporté en parallèle d'un relargage régulier de l'azote organique associé contrairement à un compost immature trop riche en carbone facilement assimilable qui provoquerait une sur consommation d'azote par les bactéries du sol ou « faim d'azote » (AMIR, 2005).

### **V.4. Paramètres de qualité de compost**

#### **V.4.1. Paramètres physique**

##### **V.4.1.1. Odeur et couleur**

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

SUGHARA et al. (1979) ont proposé une technique simple pour déterminer la maturité de compost en mesurant les degrés d'obscurité des matières de compostage.

En général une émission d'odeur désagréable a lieu lors de la première phase thermophile, qui commence à diminuer avec la maturité de compost. A la fin de processus de compostage, quand une maturation optimale est obtenue, l'odeur désagréable devrait être absente dans un tas de compost (DINESH, 2014).

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

## V.4.1.2. Température

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

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

## V.4.1.3. Humidité

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

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

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

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

## V.4.1.4. Densité apparente

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

La plus part des composts avec un taux d'humidité de 35 à 55 % auront une masse volumique apparente de 500 à 700 kg/m<sup>3</sup>, ou a une faible densité probablement l'humidité des composts était élevé il fallait peut être mesuré la densité à 35 – 40 %H.

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

## V.4.2. Paramètres chimiques

### V.4.2.1. pH

Le pH a été l'un des premiers indicateurs chimiques de la maturité des composts et a été utilisé dans de nombreuses études. JIMENEZ et GARCIA (1991) et CAYUELA et al. (2006) ont en effet observé une élévation du pH pendant le compostage. Selon AVNIMELECH et al. (1996), les pH acides sont caractéristiques des composts immatures alors que les composts mûrs ont des pH compris entre 7 et 9.

### V.4.2.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est une mesure de sels dissous dans le compost. Cette mesure est importante par ce qu'elle reflète la salinité du compost, et le compost trop salin est probablement nuisible aux végétaux.

La conductivité électrique ne fournit pas d'informations sur le type de sels présents. Certains cations ou anions des nutriments tels que Ca, Mg, sulfate ( $\text{SO}_4\text{-S-S}$ ), ou  $\text{NO}_3\text{-N}$ . tandis que les sels contenant le Na, le Chlorure (Cl) ou le Bore (B) peuvent être toxiques pour les plantes à des concentrations élevées (STOFELLA et KAHN, 2001).

### V.4.2.3. Rapport C/N

Le rapport Carbone organique/ Azote organique ( $C_{or}/N_{or}$ ) est généralement mesuré pour évaluer la maturité des composts, il diminue au cours du compostage, ce qui se traduit par la dégradation du carbone qui est libéré sous forme de  $\text{CO}_2$  (TAHRAOUI DOUMA, 2013).

Les valeurs de  $C_{or}/N_{or}$  et  $C_{or}/N_t$  au cours du processus de compostage pourraient être utilisés comme indicateurs de maturité pour la matière organique, car ils ne dépendent pas de la nature des matériaux utilisés pour les mélanges (BERNAL et al, 1993).

### V.4.2.4. Carbone soluble dans l'eau

Le carbone soluble dans l'eau représente la fraction organique la plus facilement biodégradable au cours du processus de compostage, car il est constitué de sucres, des acides organiques, des acides aminés et des phénols (GARCIA et al, 1991).

La concentration de carbone soluble dans l'eau diminue avec le temps de compostage dans tous les types de composts. Les fractions organiques biodégradables ont été consommées

en premier par les microbes, ce qui entraîne la décomposition de composés organiques complexes entraînent la libération de CO<sub>2</sub> à la fin.

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

### **V.4.2.5. Capacité d'échange cationique**

La capacité d'échange cationique (CEC) est une mesure de la capacité du compost à retenir les cations échangeable tels que le potassium (K), le calcium (Ca), magnésium (Mg) et le sodium (Na), à des surfaces chargées négativement.

La mesure de la CEC de compost est utilisée dans la formulation du terreau comme un indicateur de la maturité de compost et de sa réserve en nutriments.

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

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

### **V.4.2.6. Rapport nitrate / ammonium (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

L'apparition des nitrates dans le compost peut, en effet, être un indicateur de maturité. Les micro-organismes nitrifiants induisent une diminution de la concentration en ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et une apparition d'ions nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Le rapport NO<sub>3</sub><sup>-</sup> / NH<sub>4</sub><sup>+</sup> est ainsi utilisé par certains auteurs comme indicateur de maturité. Cependant, selon (FRANCOU 2003), ce rapport est peu utilisé et les résultats obtenus sont très différents.

## **V.4.3. Paramètres biologiques**

### **V.4.3.1. Mesures de la respiration**

Les mesures de respirations reposent sur l'activité respiratoire des micro-organismes présents dans le compost. Un compost immature est caractérisé par une demande en O<sub>2</sub> et un taux de production de CO<sub>2</sub> importants, dus à une intense activité microbienne provoquée par la forte biodégradabilité des substrats (BERNAI et al. 1998) contrairement à un compost mature, plus stable et moins actif. De nombreux auteurs ont ainsi étudié les relations entre l'activité des micro-organismes et le temps de compostage par différentes méthodes respirométriques (ADANI, LOZZI et GENEVINI 2001).

### **V.4.3.2. Activités enzymologiques**

Les enzymes importantes impliquées dans le processus de compostage incluent des cellulases, des hémicellulases, des phénoloxydases, des protéases, des lipases, des phosphatases et leurs activités évoluent en fonction du degré de décomposition de la matière organique. Ainsi, des niveaux élevés d'activités protéase, lipase et cellulase ont été mesurés pendant la phase active du compostage (GOYAL et al, 2005). Cependant, le compostage étant effectué à partir de substrats organiques très différents et par de nombreux procédés, (MONDINI et al, 2004) estiment que l'établissement de valeurs seuils générales d'activités enzymatiques comme indice de maturité est extrêmement difficile. En effet, les activités enzymatiques mesurées à maturité sont spécifiques des composts testés. Ainsi, ces auteurs affirment qu'il est nécessaire d'utiliser plusieurs enzymes et préférable d'effectuer une étude dynamique des activités enzymatiques tout au long du compostage.

### **V.4.3.3. Etude des communautés microbiennes**

Les successions de communautés microbiennes au cours du compostage sont bien connues (MONDINI et INSAM 2003) et de nombreuses méthodes ont déjà été employées dans le cadre de leur étude telles que l'analyse de l'ARN 16S ou 18S, l'étude des acides gras des phospholipides (PLFA) ou l'analyse des profils quinones (BLANC et al. 1999). Un outil semble très prometteur : l'étude des profils métaboliques par microplaque Biolog. Cette technique consiste à étudier la croissance microbienne sur différentes sources de carbone, permettant ainsi de mettre en évidence différents profils physiologiques ou community level physiological profiles (CLPP). MONDINI et INSAM (2003) affirment que cette technique apparaît comme un indicateur prometteur du degré de maturité mais ajoutent, néanmoins, que

des améliorations méthodologiques sur la standardisation de l'inoculum utilisé sont nécessaires.

#### **V.4.3.4. Test d'auto-échauffement**

L'intense activité des micro-organismes dans les composts immatures a pour conséquence la production de chaleur lors de la dégradation des composés les plus simples et les plus accessibles. Ainsi, il est possible de mesurer le degré de décomposition de la matière organique d'un compost par une mesure de l'élévation de température après réhumidification.

Plusieurs travaux ont montré la pertinence de ce test pour évaluer la maturité des composts (BRINTON et al. 1995).

#### **V.4.3.5. Test de la phytotoxicité**

La stabilité du compost ne prend pas en compte automatiquement son action sur les plantes. Les tests de phytotoxicité sont les seuls moyens d'évaluer la toxicité liée à leur incorporation au sol. En effet, les composts mûrs ne doivent pas présenter de substance empêchant la germination des graines et la croissance des plantes. L'acide acétique est probablement l'acide organique, libéré par les composts immatures, le plus préjudiciable bien qu'il existe également d'autres composés (acétaldéhyde, éthanol, acétone, éthylène...) contribuant aux effets phytotoxiques (IGLESIAS JIMENEZ et PEREZ GARCIA 1989). Des concentrations élevées en sels et la libération d'acides organiques dans les composts sont également corrélées à l'inhibition de la germination et de la croissance. Par conséquent, la phytotoxicité est souvent évaluée par l'étude de la germination ou par des tests de croissance (SAID-PULLICINO et al. 2007), mais EMINO et WARMAN (2004) conseillent de choisir les plantes avec soin. Un indice de germination (IG) de 50% est reconnu comme étant celui d'un compost sans effet phytotoxique (CHIKAE et al. 2007).

Enfin, la phytotoxicité a été plus récemment évaluée en mesurant l'activité photosynthétique de végétaux en présence d'extrait aqueux de compost. Le principe de la méthode repose sur l'excitation, par une impulsion lumineuse, du transport d'électrons dans les membranes thylakoïdes qui sont le siège de la photosynthèse. Suite à cette impulsion, les électrons sont portés à un niveau d'énergie instable. Le retour au niveau initial contribue à l'émission d'énergie sous forme de fluorescence. Ces radiations sont mesurables avec un fluoromètre, qui permet de calculer un rendement de fluorescence (RF) en comparant un essai avec extrait de compost et un essai de contrôle.

Contrairement aux méthodes précédentes, ce dernier test de phytotoxicité n'est pas influencé par la salinité du compost car il est réalisé en milieu tamponné. Toutefois, aucune valeur seuil n'existe et de plus, le test nécessite un appareillage analytique spécifique, non adapté à un test en routine (HELFRICH P. et al. 1998).

### VI. Avantages du compostage

Le compostage permet d'obtenir un amendement relativement assaini, applicable à l'ensemble des cultures, qui accroît le taux d'humus et stimule la vie microbienne du sol (HUBER., et al, 2011). L'épandage d'un amendement organique laisse espérer des effets positifs sur le sol :

- Il permet de contrôler les pertes en éléments fertilisants. Il n'est pas possible de supprimer totalement ces pertes qui restent inévitables, en azote gazeux notamment lors de la constitution du tas et des retournements (HUBER., et al, 2011), il peut réduire l'acidité du sol et de diminuer ainsi les risques d'exportation des métaux vers la plante (ALBRECHT, 2007).
- Améliore les aspects biologiques des sols amendés et stimule les activités enzymatiques (ALBRECHT, 2007),
- Remédiation des sols pollués, en luttant notamment contre la toxicité saline (ALBRECHT, 2007),
- Stabiliser la structure et diminuer les risques d'érosion dans les sols limoneux (HOUOT et al., 2002),
- Augmenter l'activité microbienne des sols et diminuer ainsi la réceptivité des sols à des pathogènes (HOUOT et al., 2002),
- Réduction des volumes de l'ordre de moitié due aux pertes de carbones et d'eaux (ZNAIDI, 2002),
- Il permet la destruction de certains germes pathogènes et de certaines graines d'adventices. C'est la combinaison de la montée en température et de facteurs biochimiques de la dégradation qui assure cette destruction. C'est un avantage très important pour l'agriculture biologique (HUBER., et al, 2011),
- Amélioration de la porosité entraîne également une meilleure aération du sol et ainsi le développement de l'activité biologique (CHARNAY, 2005),
- Enfin, le compost épandu sur prairies, ne risque pas de nuire à l'appétence de l'herbe puisqu'il n'est plus porteur d'odeurs indésirables (HUBER., et al, 2011).

## VII. Inconvénients et limites du compostage

- Certains parasites et pathogènes ne sont pas détruits (HUBER., et al, 2011),
- Les éléments traces métalliques (métaux lourds) présents dans les matériaux de départ ne sont pas éliminés par le compostage, au contraire : ils se concentrent à cause de la réduction du volume (HUBER., et al, 2011),
- Composter convenablement réclame un minimum d'organisation et de disponibilité. Mettre en œuvre un chantier de compostage nécessite de la place, du temps pour le suivi (surveiller que le compostage se déroule bien) et les interventions (retourner l'andain, le couvrir, l'arroser), d'avoir le bon matériel au bon moment (tracteur, chargeur, épandeur, retourneur,...). Ces contraintes peuvent parfois être importantes (HUBER., et al, 2011),
- L'azote est stabilisé dans le compost. Cet élément est alors moins disponible pour les cultures et sa libération dépend beaucoup du climat et du type de sol. L'azote est stabilisé mais il est toujours présent dans le compost (HUBER., et al, 2011).

## VIII. Valorisation de compost

### VIII.1. Horticulture

Compost relativement mur, avec une structure stable, moyennement riche en sels, avec une bonne régulation du bilan hydrique, ne fixant pas l'azote assimilable (FUCHS, 2009).

### VIII.2. Culture des champignons

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

### VIII.3. Arboriculture et viticulture

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

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

### VIII.4. Les cultures en pot

Pour faire il faut utiliser une part de compost mur contre trois parts de terreau. Il faut veiller à ne pas excéder 33% de compost dans le mélange, car on pourrait enregistrer des problèmes de drainage (MICHAUD, 2007).

### **VIII.5. Maraichage**

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

### **VIII.6. Plantes d'intérieur**

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

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

Il est possible d'utiliser les bienfaits du compost en faisant un purin ou un thé de compost.

Cette façon de faire sera parfaite pour fertiliser les plantes d'intérieur, puisqu'en tamisant ainsi le solide et le liquide, on filtre les organismes décomposeurs et on s'assure qu'ils ne se promèneront pas dans la maison.

# **Matériels et méthodes**

## I. Caractérisation et localisation du site expérimental

Le travail expérimental a été réalisé au niveau de l'institut de technologie Moyen Agricole Spécialisé (ITMAS) de Boukhalfa, situé à 8 km Nord- Est de la wilaya de Tizi-Ouzou, au Nord de l'Algérie. L'ITMAS s'étend sur une surface de 30ha, de coordonnées géographiques relevées par Google Earth qui sont :

- Altitudes variant de 62 à 94m du point le plus bas au point le plus haut,
- L'altitude de  $36^{\circ}42(N)$ ,
- Longitude de  $3^{\circ}42 (E)$ ,

Son climat est typiquement méditerranéen, jouissant d'une température moyenne annuelle de  $18.5^{\circ}C$  et une température moyenne mensuelle variant de  $28.0^{\circ}C$  (mois d'août) à  $11.4^{\circ}C$  (mois de janvier). La pluviométrie annuelle est de 800 mm/an.



**Figure 3 :** Localisation de site expérimental

## II. Mise en place des andains

Le procédé de compostage utilisé est un compostage en andains. Chaque andain est de forme trapézoïdale avec une hauteur initiale de 1.5m, de 3 m de longueur et 3 m de largeur. Le volume de chaque andain est de  $11.25 \text{ m}^3$ . Les andains sont disposés dans une serre de 50m de longueur, 8m de largeur, est orientée vers le Nord Est. Le sol de la serre est : terrassé,

damé et couvert par une bâche noire, pour éviter la pollution du sol et de la nappe phréatique par les lixiviats.

### III. Composition de différents andains

**Tableau 2 :** Synthèse de la composition des andains et des différents traitements du processus de compostage

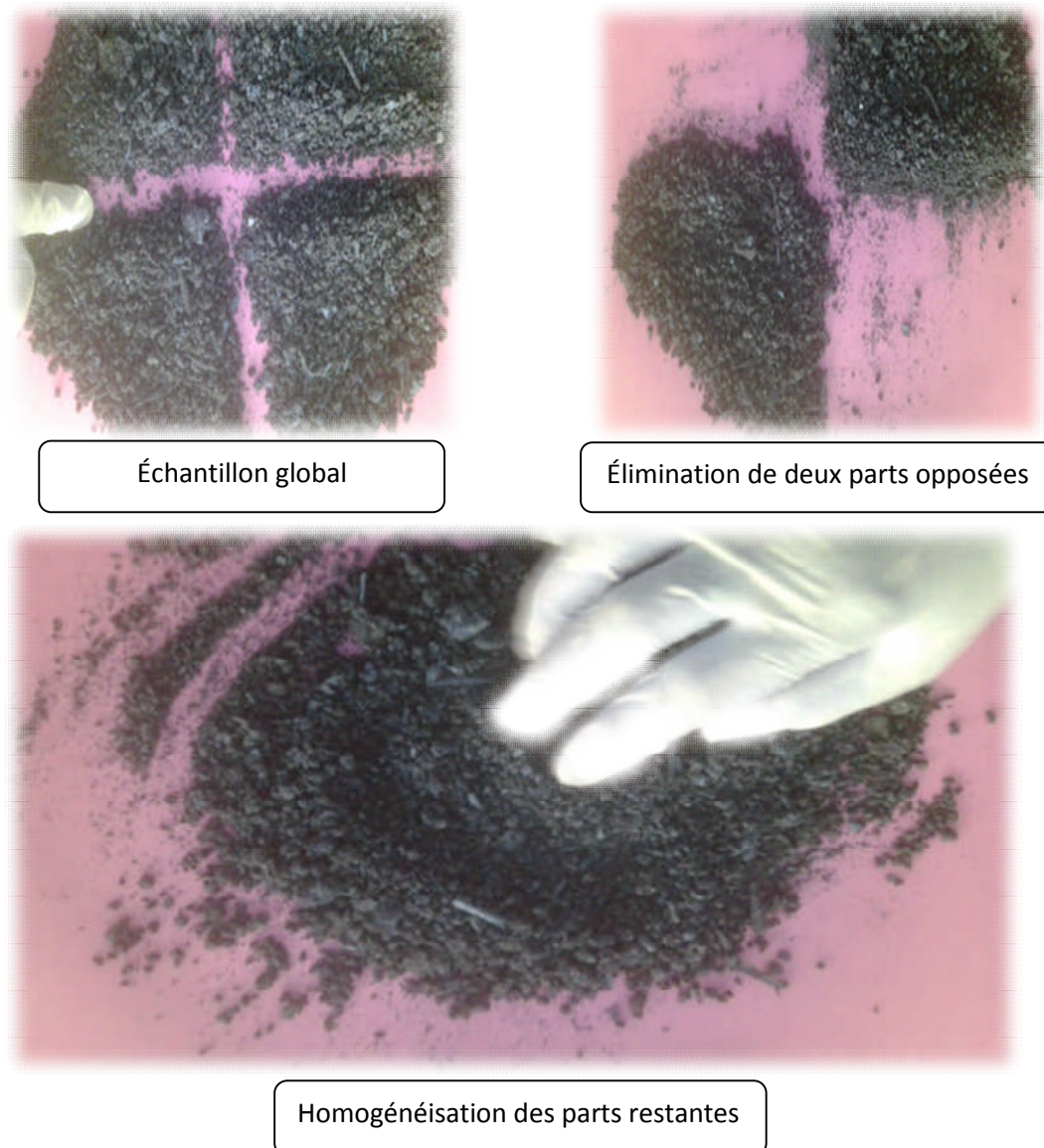
Constituants	And 1	And 2	And 3	And 4	And 5	And 6
Grignon d'olive %	50	50	25	25	33	33
Boues d'épuration%	50	50	50	50	00	00
Fumier de volaille %	00	00	25	25	33	33
Déchets de marche %	00	00	00	00	33	33
Liquide d'arrosage	Eau	Eau+margine	Eau	Eau+margine	Eau	Eau+margine
Quantité d'eau (L)	1400	650	1400	650	1050	420
Quantité de margine (L)	00	350	00	350	00	350
Nombre de retournement	10	10	10	10	10	10

## III.1. Méthode d'échantillonnage

Des échantillons homogènes de chaque mélange sont prélevés.

Afin de s'assurer de l'homogénéisation de l'échantillon, l'échantillonnage est réalisé par quartage d'après la norme U44-101 la (Figure 4). Chaque échantillon composite est réalisé à partir de différents prélèvements effectués suivant les quatre points cardinaux et le centre des andains qui sont ensuite mélangés. Un échantillon composite représentatif de 1 kg est prélevé. Une partie est conservée au congélateur à  $-20^{\circ}\text{C}$  jusqu'à leur analyse, une autre partie est séchée et mise dans des sachets en plastique numérotés.

## III.2. Principe de quartage



**Figure 4:** Principe du quartage

## VI. Caractéristiques physiques

### VI.1. Suivi de la température

La température qui est un paramètre facilement mesurable a été également choisie comme témoin de l'activité microbienne et de la dégradation aérobie du substrat. La température de chaque andain a été mesurée chaque jour durant tout le processus du compostage par un thermomètre électronique à sonde muni d'un écran LCD qui affiche la température intérieure et la température ambiante. La sonde est introduite complètement dans les différents cotés de l'andain (coté Est, Ouest Nord sud et milieu, 5 fois au total) pour avoir la moyenne de la température de l'andain.



**Figure 5 :** Mesure de la température d'un andain

### VI.2. Densité apparente

#### Méthode au cylindre

##### Principe

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

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

La densité(d) est calculée selon la formule :

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

**M** : masse de l'échantillon (g).

**V** : volume du cylindre (cm<sup>3</sup>).

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

$$3.14 \times (2,5)^2 \times 5 = 3.14 \times 6,25 \times 5 = 98,125 \text{ cm}^3$$



**Figure 6** : Détermination de la densité apparente

### VI.3. Humidité et matière sèche végétale

- **Humidité**

L'humidité (H%) doit être déterminé le plus rapidement possible, pour limiter les pertes par évaporation. Immédiatement après l'échantillonnage, une partie aliquote de chacun des composts tamisés à 5 mm et séchée dans une étuve à 105 °C. L'ensemble est pesé avant et après passage à l'étuve. Le séchage est considéré comme complet lorsque la masse est constante (environ 48 heures). La matière sèche (MS%) est le taux complémentaire du degré d'humidité.

$$\%MS = [(M_0 - M_1) / M_0] \times 100$$

$$H\% = 100 - \%MS$$

- **M<sub>0</sub>** : masse de l'échantillon brute (g).
- **M<sub>1</sub>** : masse de l'échantillon après passage à l'étuve (g).
- **% MS** : pourcentage de matière sèche contenu dans l'échantillon.

- % H : pourcentage d'humidité contenu dans l'échantillon.



**Figure 7 :** Détermination de la matière sèche et humidité du compost

- **Matière sèche végétale**

Les différentes plantes ont été arrachées de leurs substrats délicatement de façon à ce que les racines ne s'abiment pas. On a séparé la partie aérienne de la partie racinaire, ensuite on les a pesés avec une balance de précision, puis sécher dans une étuve à 105°C jusqu'à la stabilité du poids.



**Figure 8 :** Détermination de taux de la matière sèche

## VI.5. Analyse granulométrique

L'étude de la granulométrie a pour but la détermination de la distribution des différentes particules d'une substance solide. La diminution de la granulométrie est un facteur très important de dégradation de la matière au cours de la fermentation. Sa mesure consiste à peser 5 kg de matière prélevée en différents points de l'andain pour constituer un échantillon représentatif. L'échantillon est versé dans un tamis superposés à mailles carrés dont le diamètre des mailles est de 5 mm.



**Figure 9** : Détermination de la distribution des différentes particules du compost

### V. Caractéristiques chimique

#### V.1. Détermination du pH

La détermination du potentiel hydrogène ou pH, est effectué sur des suspensions aqueuses selon la norme NF ISO 10-390 de novembre 1994 (TAHRAOUI DOUMA, 2013).

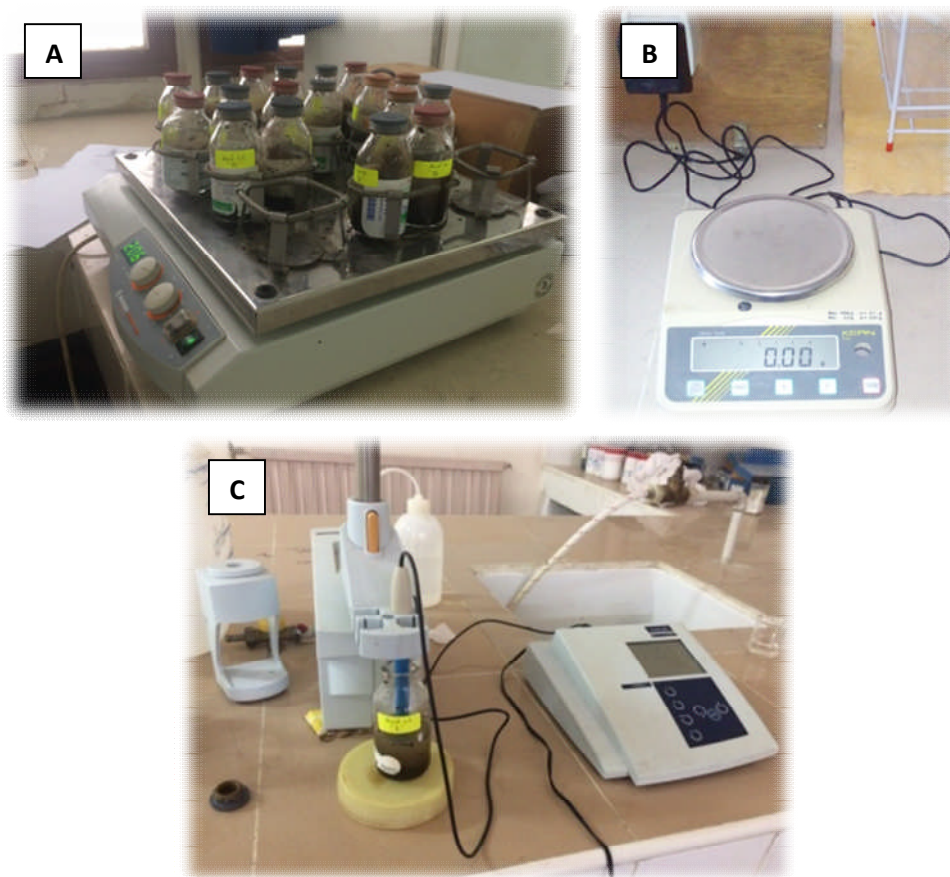
#### 🧰 Matériels utilisés

-18 flacons de 100 ml (trois prises d'essai pour chaque andin),

-pH- mètre,

-balance analytique,

-agitateur.



**Figure 10** : Matériels utilisés (A-agitateur. B-balance analytique. C-pH-mètre)

### ✚ Méthode :

Des échantillons de 10 g du compost sont mis en suspension dans 50 ml d'eau distillée. Agitation pendant 10 minutes pour homogénéisation de la suspension, les laissés reposer pendant 2 heures.

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

### V.2. Détermination de la conductivité électrique (CE)

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

## Matériels utilisés

- 18 flacons de 100 ml (trois répliques par andin),
- agitateur va et vient,
- conductimètre,
- papier filtrant,
- balance analytique,



**Figure 11:** Conductimetre (mesure de la CE du compost)

## Méthode

L'extraction consiste à placer 10g de l'échantillon sec tamise a 2 mm dans 50 ml d'eau distillée, et a laisser agiter la solution pendant 2 heure puis filtrer. De la même manière, on effectue une détermination à blanc en mesurant la conductivité de l'eau à la même température.

## Principe

La conductivité électrique spécifique de l'extrait filtré est mesurée à l'aide d'un conductimètre HANNA de type HI 2314.

## V.3. Détermination du carbone organique

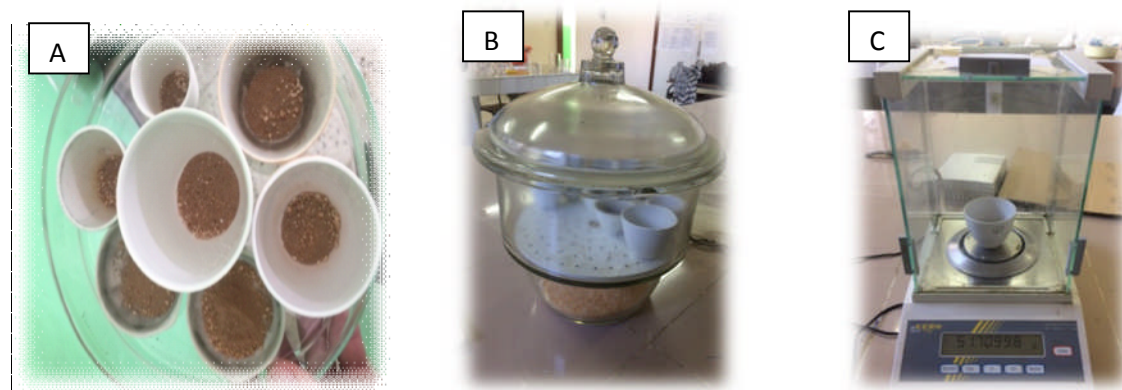
L'évaluation de la teneur en carbone des amendements organique consiste à déterminer leur teneur en matière organique (M.O) par perte au feu et d'appliquer un facteur de proportion du carbone correspondant au rapport M.O/C.

Les facteurs les plus souvent utilisés sont 1.724 et 2.0, selon les laboratoires et la nature des produits pour les composts, le facteur recommander est 2.0.il a été déterminé lors de l'élaboration de la norme nationale du canada sur les composts (BNQ ,1996).

Conventionnellement, le pourcentage de carbone est égal a la moitié du pourcentage de la matière organique totale (AFNOR, 1999).

### Matériel utilise

- les creusets en porcelaine pour la calcination à 550°C,
- un four a moufle,
- une balance de précision,
- dessiccateur,



**Figure 12 :** Détermination du carbone organique (A-échantillons. B-Dessiccateur. C-Balance de précision)

## Méthode

Avant de peser, l'échantillon est séché à l'étuve à 105°C pendant 24 heures, le passage se fait sur la poudre obtenue. On pèse des échantillons de 3g, qui sont placés dans le four à 550 °C.

La méthode par calcination est utilisée pour déterminer la matière organique totale (Association Française de Normalisation (AFNOR 1999)). La matière organique est calculée à partir de la teneur en cendre après la calcination de la matière sèche à une température de 550°C pendant 6 heures.

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

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

## VI. Caractéristiques biologiques

### VI.1. Test de phytotoxicité

La phytotoxicité est définie comme la propriété d'une substance d'occasionner des altérations aux végétaux. Les méthodes de mesure de la phytotoxicité permettent donc d'étudier l'effet du compost ou de son extrait aqueux sur le développement de la plante.

### Méthode

Les méthodes les plus courantes sont des tests de germination et de croissance. Mis en œuvre sur divers végétaux, ils mesurent la toxicité immédiate du compost (inhibition de la germination) ou sa toxicité latente (inhibition de la croissance racinaire).

Pour tester notre compost on a semé l'orge :

- Variété : El fouara 97.
- Demandeur : ITGC Sétif.
- Année d'inscription : 1997.
- Pedigree : sélection généalogique.
- Caractéristiques agronomiques : Rendement élevé.
- Caractéristiques technologiques : PMG élevé, Teneur en protéines 14,5%.

- Résistance aux maladies : Oïdium feuille, Oïdium Epi et Helminthosporiose sans résistantes.

### VI.2. Valorisation horticole

Le test est réalisé avec un semis. On a réalisé 03 réplicats contenant chacun 10 graines de l'orge (El Fouara), soit 30 graines pour chaque fraction (25%, 50%, 75% et 100%).

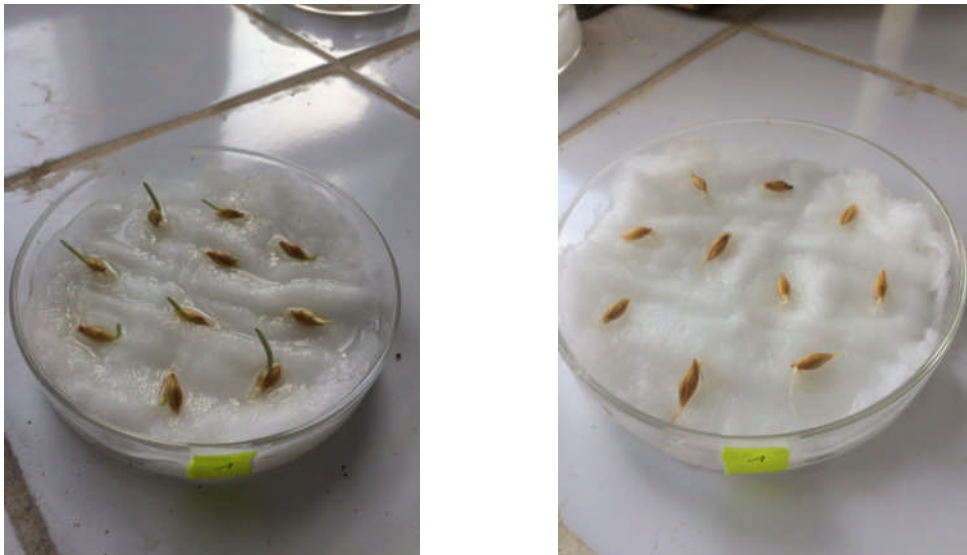
Un test témoin (100% de tourbe) a été réalisé dans de même conditions (03 réplicats contenant chacun 10 graines d'orge).

### VI.3. Valorisation agricole

On a réalisé un semis de 10 graines d'orge des pots de 10 cm<sup>2</sup> en trois réplicats soit 30 graines pour chaque dose d'épandage (50 t/h, 100 t/h, 200 t/h).

Un test témoin (100% sol) a été réalisé dans de même conditions (03 réplicats contenant chacun 10 graines d'orge).

Afin d'apprécier l'aptitude à la germination des graines utilisées, un test de pouvoir germinatif a également été réalisé (10 graines d'orge dans des boites de pétri contenant du coton humidifié).



**Figure 13 :** Germination des grains d'orge (El Fouara)

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

- Pourcentage de germination :

**%G= (Nombre de graines germées /Nombre de graines totale) x 100**

- Indice de germination avec la longueur racinaire :

**IG= Nombre moyen de graines germées x Longueur de la racine / (Nombre moyen de graines germées x Longueur de la racine) (du témoin).**

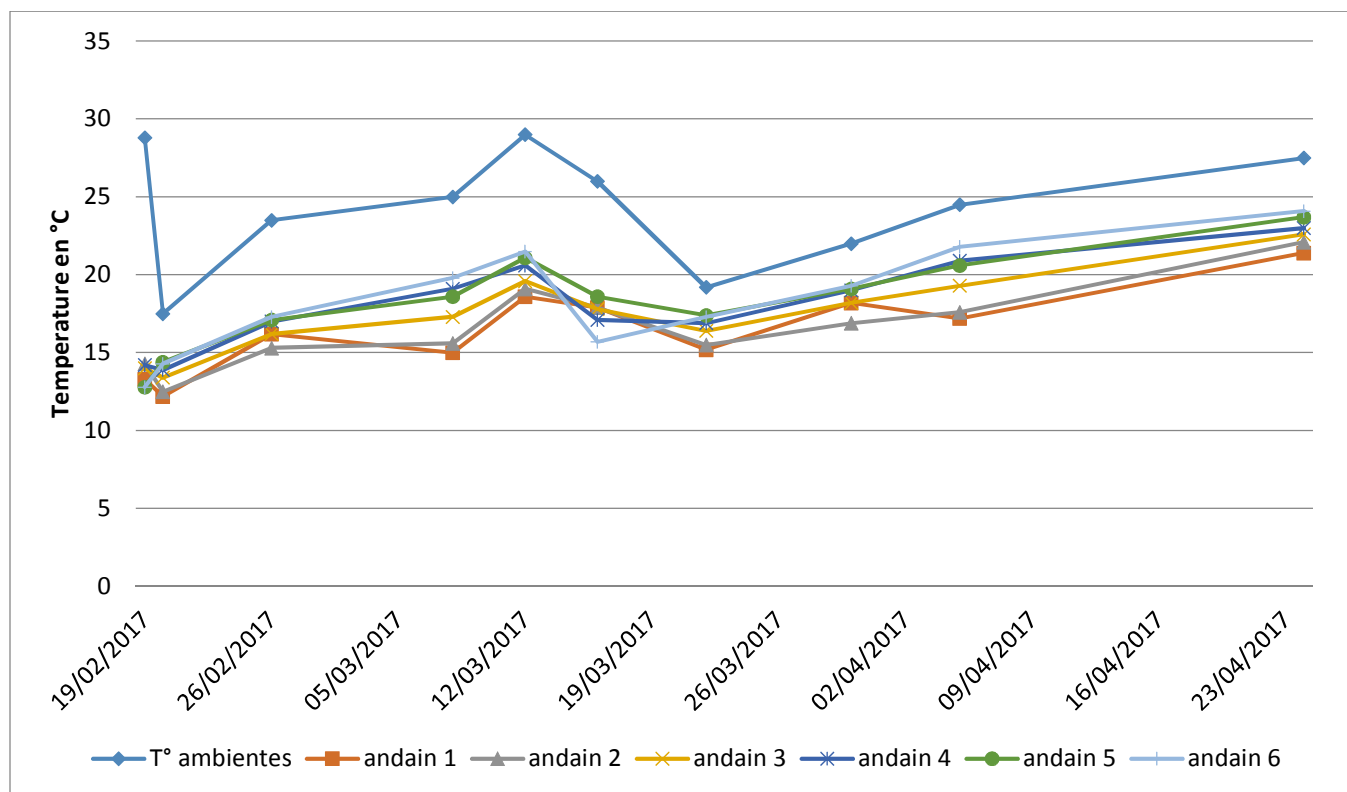
Après 17 jours de semis, les différentes plantes ont été arrachées de leurs substrats délicatement de façon à ce que les racines ne s'abiment pas. Des mesures telles que le poids de la biomasse aérienne et la biomasse racinaire ainsi que la longueur racinaire (à l'aide d'un mètre ruban) ont été déterminées.

# Résultats et discussion

### I. Caractéristiques physique

#### I.1. Suivi de la température des andains

L'étude de l'évolution de la température de différents andains montre que la température varie entre 13°C et 24°C et qu'elles se confondent aux températures ambiantes.



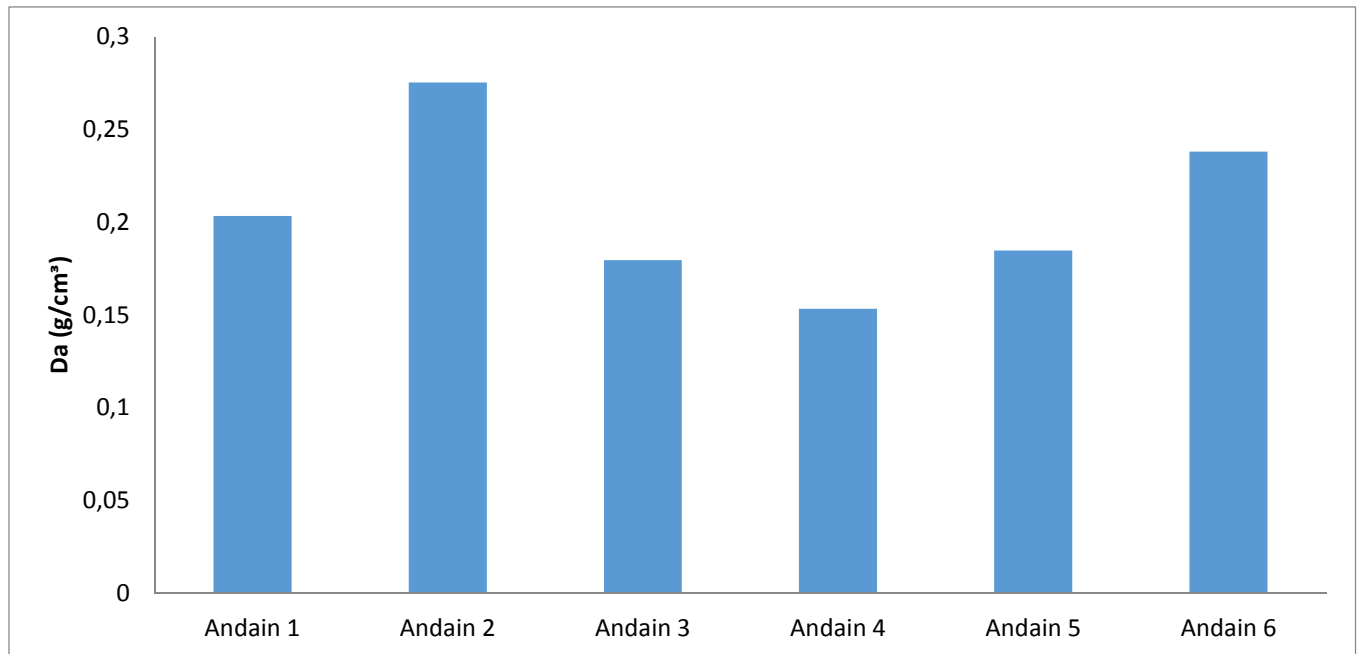
**Figure 14:** Evolution de la température des andains

Selon ZNAÏDI(2002), les températures des andains qui se confondent avec la température ambiante montre qu'il n'y a plus d'activité microbienne, le compost est donc mûr et prêt à l'emploi.

### I.2. Densité apparente

La densité est l'un des paramètres les plus importants, elle permet de calculer la porosité et d'apprécier ainsi directement la perméabilité.

D'après nos résultats, la densité la plus élevée est enregistrée au niveau des andains (2et6) irrigués avec de la margine.

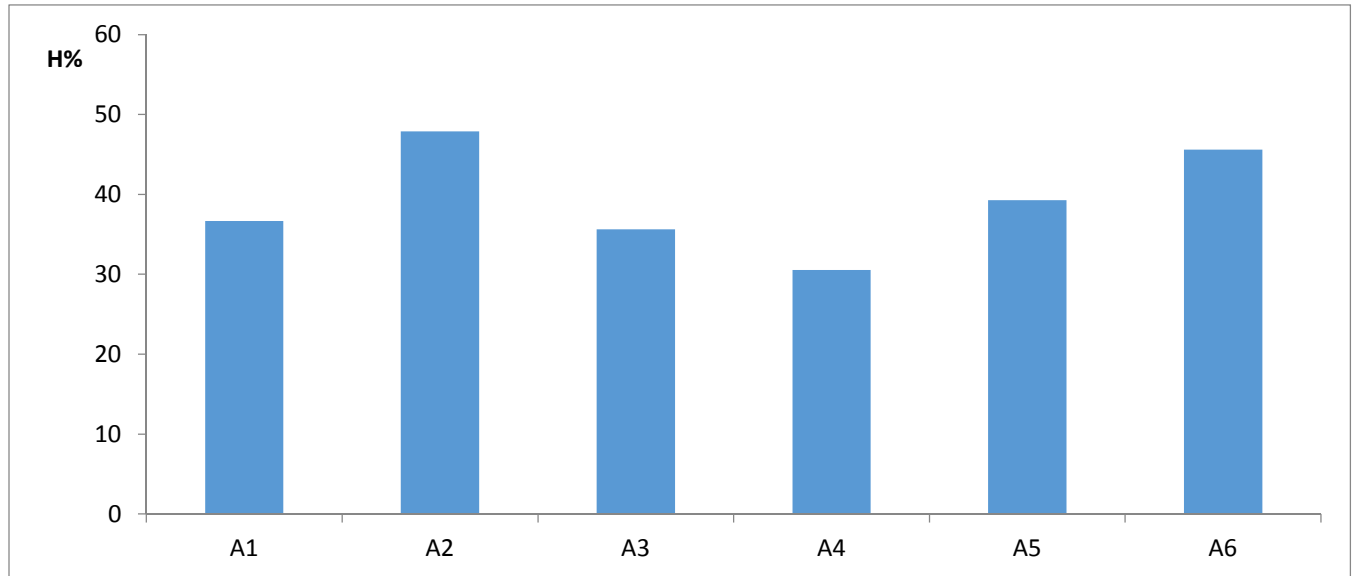


**Figure 15 :** la densité des andains

Les andains qui possèdent un taux élevé en matière organique ont des densités faibles en comparaison avec l'ensemble des andains et l'inverse est vérifié (CHENOU, 2002).

### I.3. Humidité

Le taux d'humidité des différents andains varie entre 30,55% et 47,9%. Les andains (2. 5. 6) ont un taux d'humidité plus élevée que les autres andains.

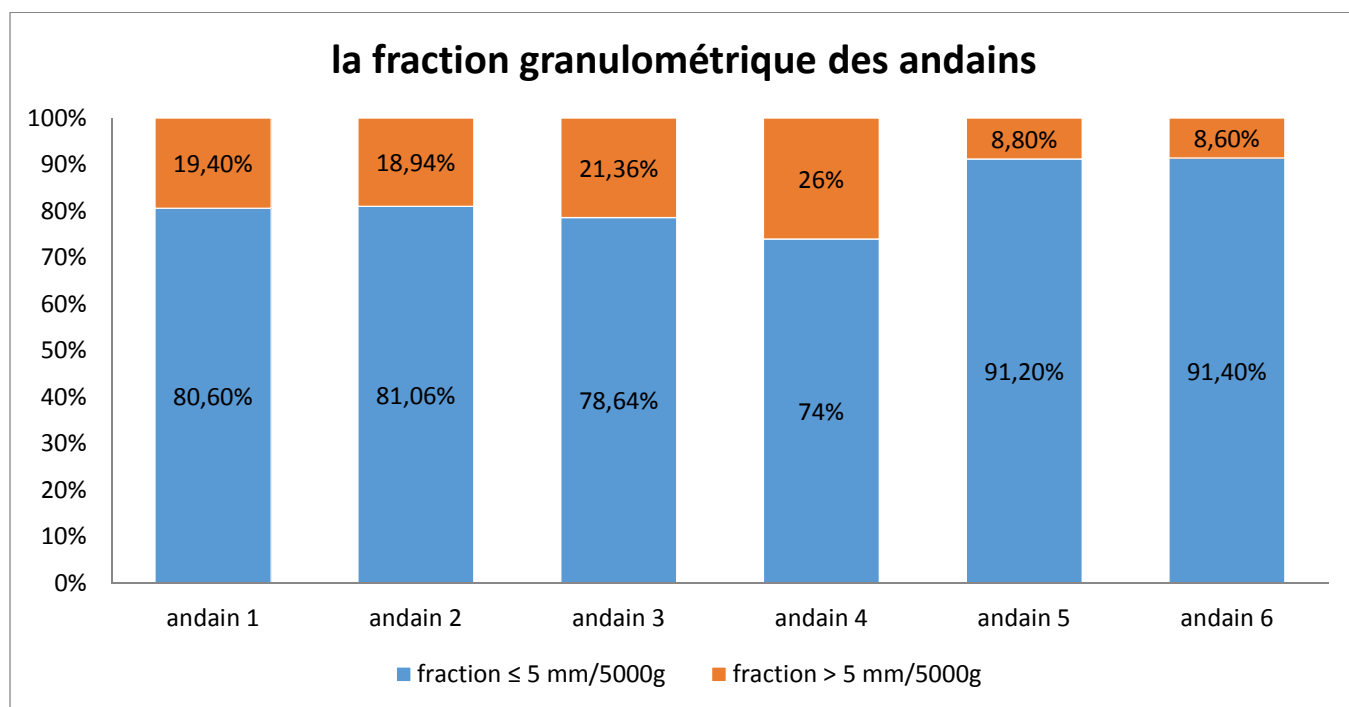


**Figure 16:** Taux d'humidité de différents andains

Selon FRANCOU (2003), les faibles teneurs en humidité sont dues à l'évaporation de l'eau provoquée par le dégagement d'une partie de l'énergie calorifique.

### I.4. Granulométrie

L'analyse granulométrique nous a permis de classer les andains en deux classes (A1, A2, A3, A4) et (A5, A6). Le pourcentage de refus des andains A5, A6 est faible, ce qui montre que la texture est fine. Celui des andains A1, A2, A3, A4 est plus élevé, donc il présente une texture plus grossière.



**Figure 17:** La fraction granulométrique des andains à 5mm

La représentation graphique des pourcentages de la fraction fine et grossière (inférieure ou supérieure à 5mm), nous montre que les andains (5 et 6) présentent un faible pourcentage de refus, cela est probablement dû à la nature des constituants du compost (déchets vert...).

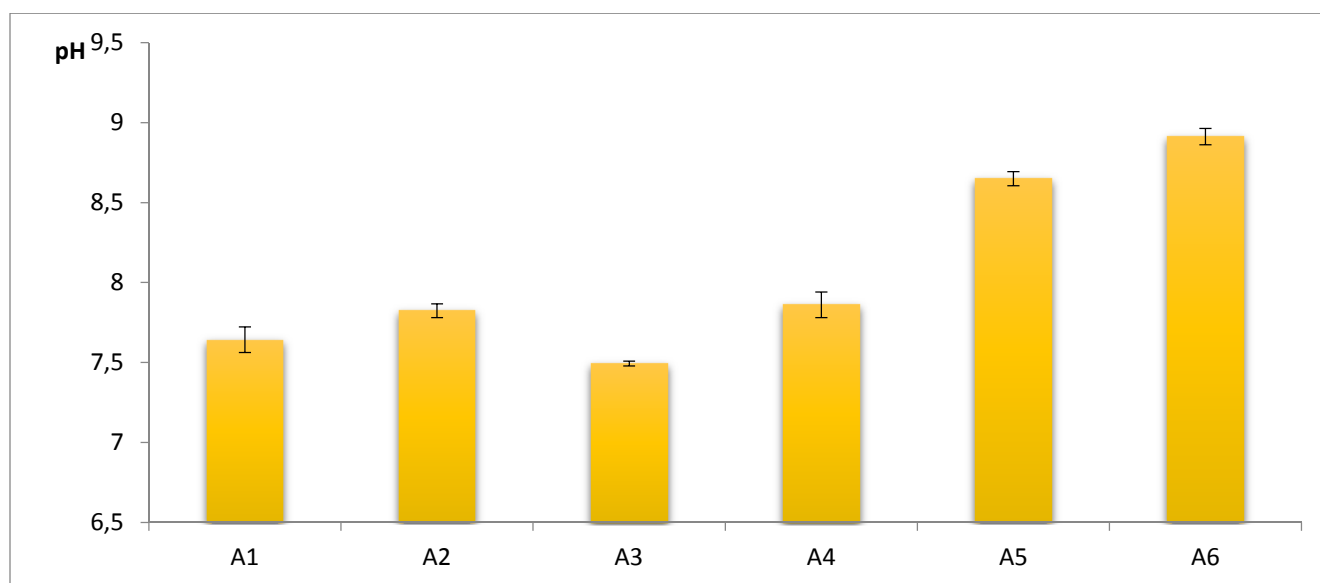
### II. Caractéristiques chimique

#### II.1. Détermination du pH

Les résultats obtenus montrent que les pH des andains varie entre 7.49 et 8.91.

L'analyse de la variance montre que le facteur andain a un effet très hautement significatif ( $P=0$ ) sur le pH.

L'ensemble des andains présentent des pH proches de la neutralité à basique ce qui indique que ces constitués des substrats relativement mûrs, adéquats pour des composts de bonne qualité.



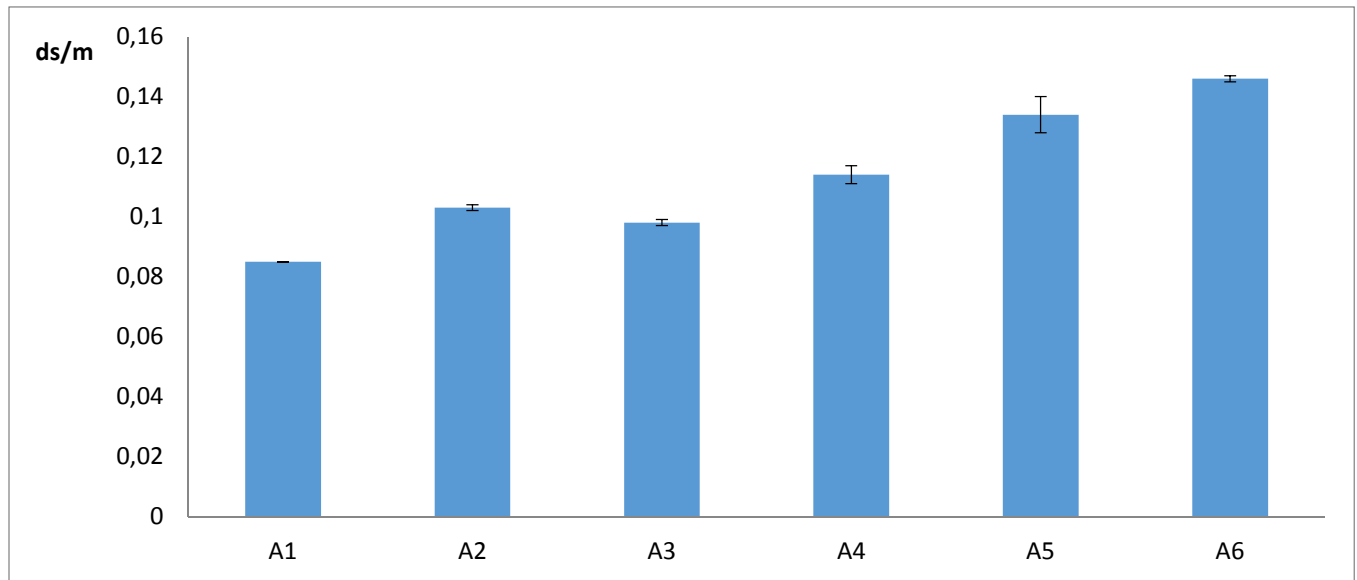
**Figure 18:** Evaluation du pH de différents andains

Selon AVNIMELECH et al. (1996), les pH acides sont caractéristiques des composts immatures alors que les composts mûrs ont des pH compris entre 7 et 9.

### II.2. Détermination de la conductivité électrique (CE)

L'ensemble des andains présente des valeurs de conductivité électrique qui varie entre 0.085 dS/m et 0.146 dS/m.

L'analyse de la variance montre que le facteur andain à une influence très hautement significative avec ( $P=0$ ) sur la conductivité électrique.



**Figure 19:** Conductivité électrique de différents andains

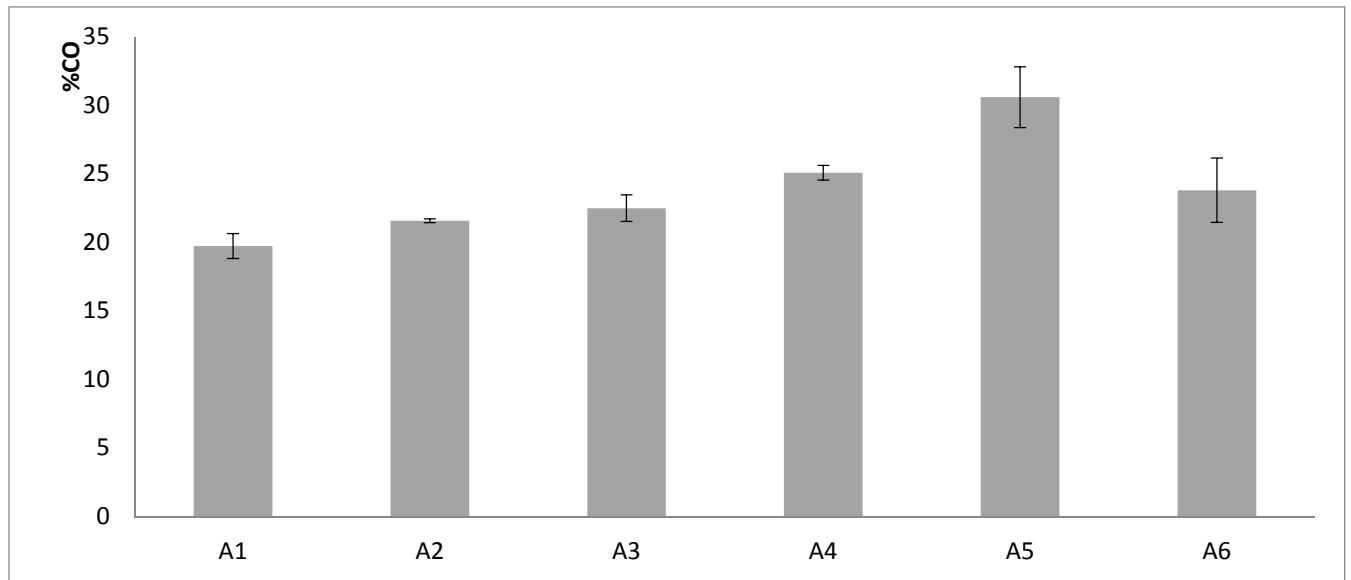
La conductivité des andains est inférieure à 3 ms/cm ce qui montre que les andains ne présentent pas de danger de salinité. La valeur limite pour un amendement sans danger pour le compost étant de 3 mS/cm (SOUMARE et al., 2002)

0.3 ds/m = 3 ms/cm

### II.3. Détermination du carbone organique

D'après les résultats obtenus, la teneur en carbone organique des andains varie entre 19.727% et 30.583%.

L'analyse de la variance montre que le facteur andain à une influence très hautement significative sur le carbone organique ( $P=0.00003$ ).



**Figure 20:** Pourcentage du carbone organique de différents andains.

### III. Test de phytotoxicité

Ce test regroupe l'indice de germination (% G), la biomasse aérienne sèche (MSF), la biomasse racinaire sèche (MSR), le rapport biomasse aérienne/ biomasse racinaire fraîche (BA/BR) et sèche (MSA/MSR), la longueur de la racine la plus longue(LR) et indice de germination avec longueur racinaire (IG).



**Figure 21** :Dispositif expérimental

#### III.1. Indice de germination (%G)

Les indices de germination sont présentés au niveau de la **figure 22 (a) et (b)**.

Le pourcentage de germination que ce soit pour le test d'épandage ou horticole est proche de celui des témoins. La germination des graines d'orge n'a pas été inhibée par les substrats.

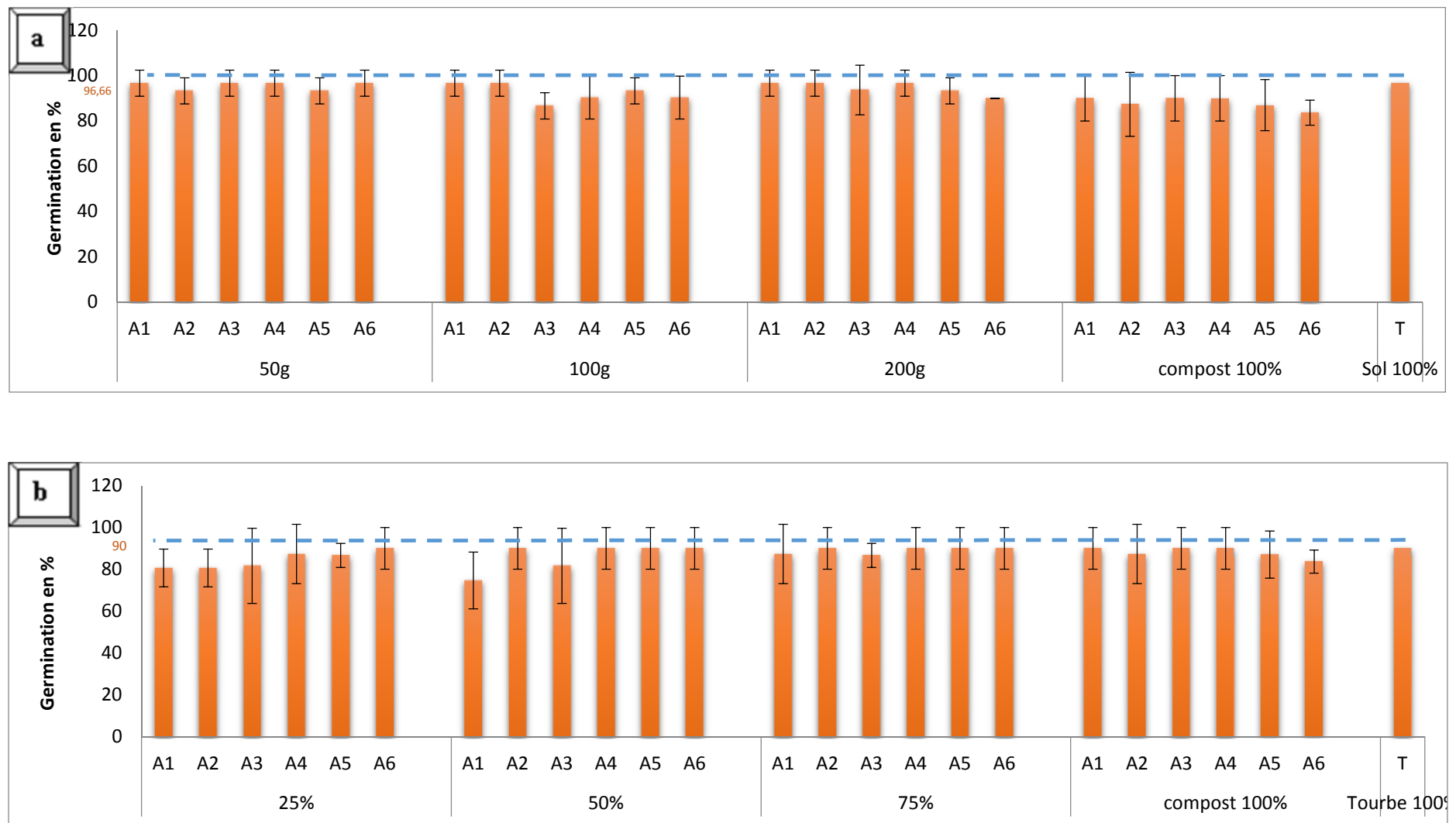


Figure 22 : Indice de germination de l'orge, a : dans le cas de l'épandage sur sol (VA), b : dans le cas du mélange avec la tourbe (VH).

### **III.2. Biomasse aérienne sèche (MSF) et biomasse racinaire sèche (MSR)**

La biomasse aérienne sèche (MSF), la biomasse racinaire sèche (MSR) sont présentées au niveau de la **figure 23 (a et b), 24 (a et b) et 25 (a et b)** respectivement.

Le rendement en matière sèche aérienne et racinaire pour l'épandage de compost est dans la majorité des cas inférieur à celui du témoin, en particulier pour les andains A3, A4, A5 (MSA) et A3 (MSR, dose 50 et 100g de compost).

Il est intéressant de noter que le développement du système racinaire de l'orge est limité dans le cas du semis dans 100% de compost.

Au contraire, dans la plupart des cas, le mélange tourbe compost montre un rendement en matière sèche aérienne et racinaire supérieur au témoin (tourbe 100%).

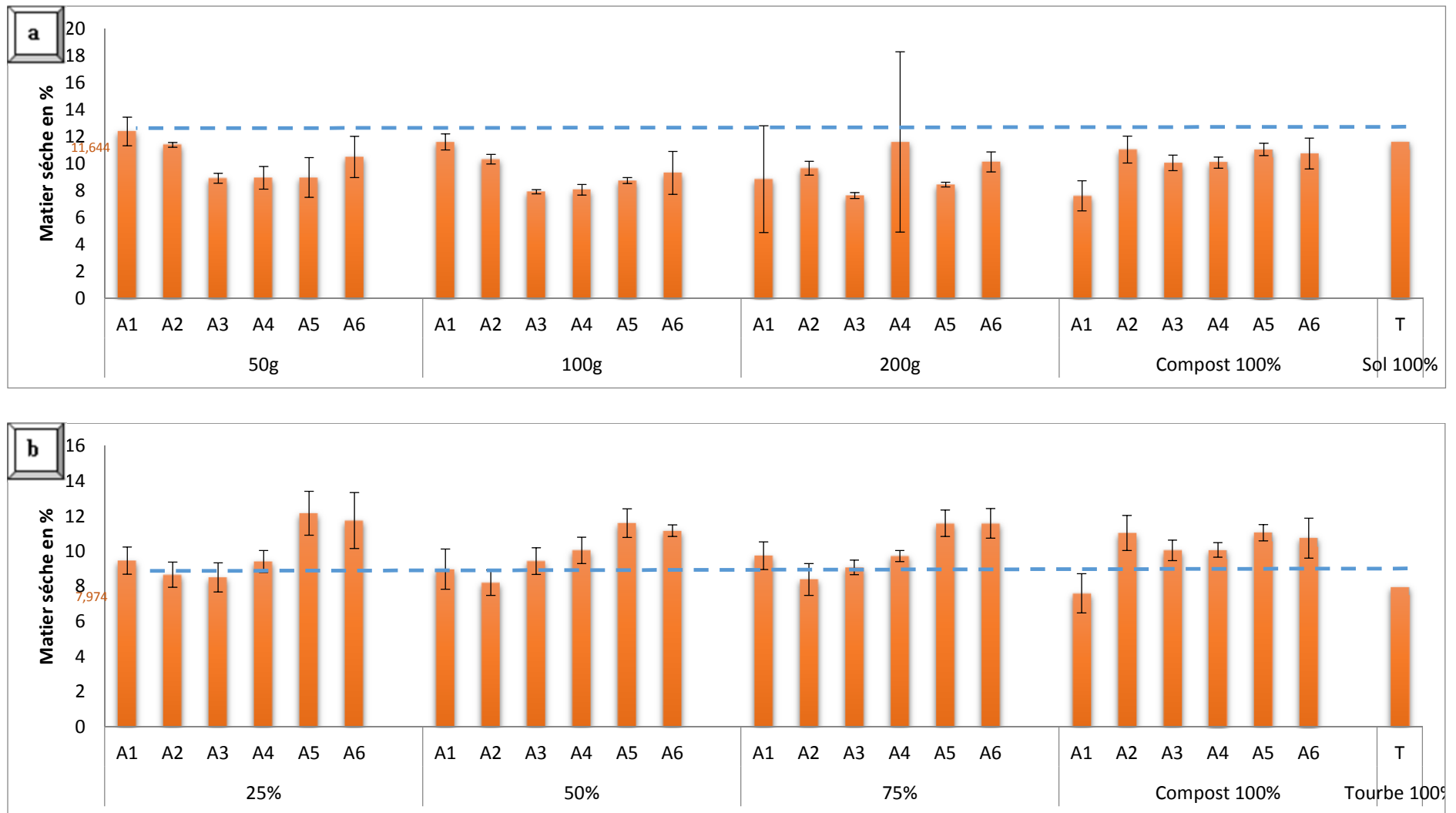


Figure 23 : Pourcentage de la matière sèche foliaire (%MSF), a : dans le cas de l'épandage des composts (VA), b : dans le cas du mélange avec la tourbe (VH).

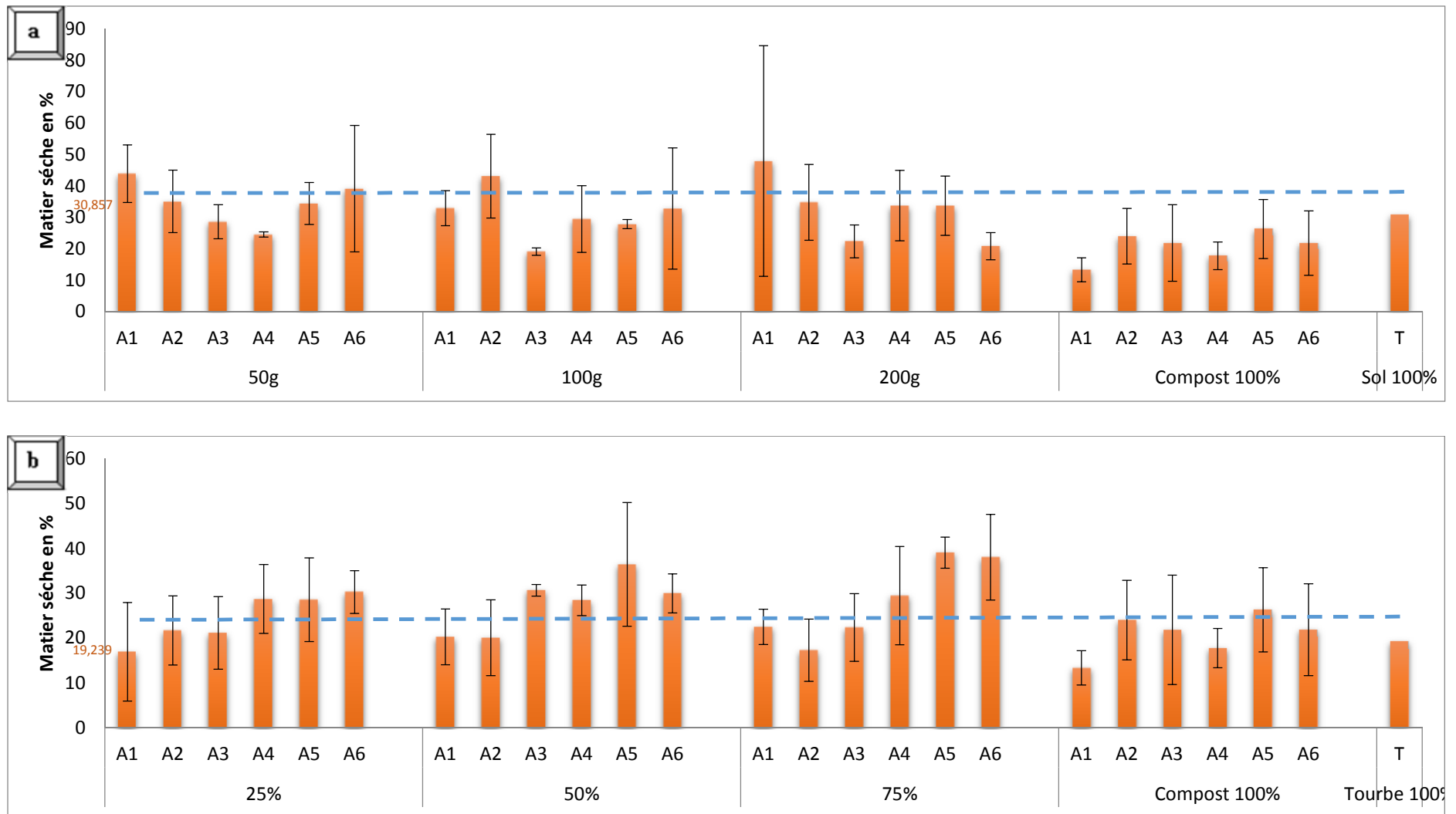


Figure 24 : Pourcentage de la matière sèche racinaire (MSR %), a : dans le cas de l'épandage des composts (VA), b : dans le cas du mélange avec la tourbe (VH).

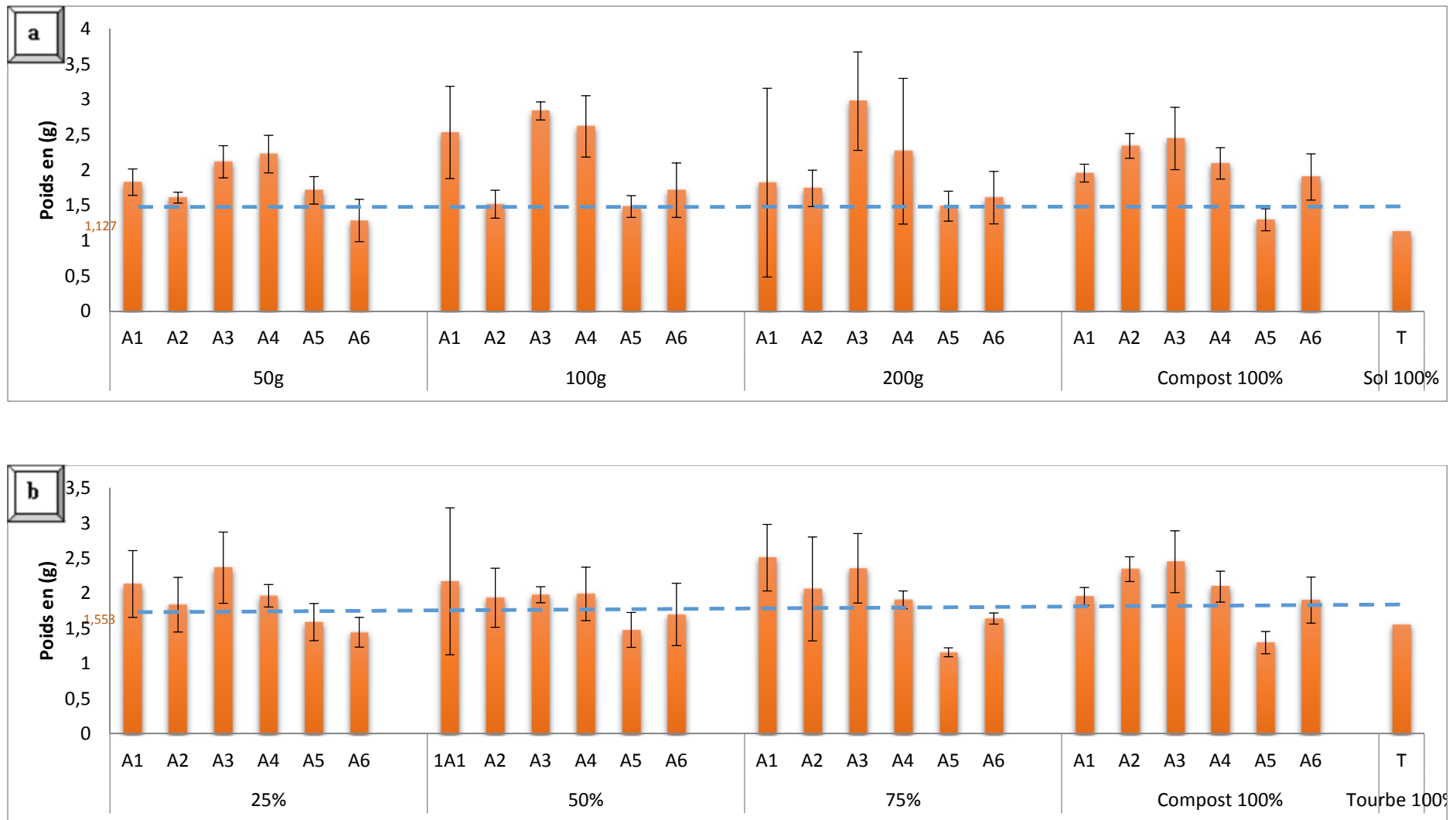


Figure 25 : Rapport de la matière sèche aérienne et matière sèche racinaire (MSA/MSR), a : dans le cas de l'épandage des composts (VA), b : dans le cas du mélange avec la tourbe (VH).

### **III.3. Rapport biomasse aérienne et biomasse racinaire fraîche (BA/BR)**

Le rapport biomasse aérienne/ biomasse racinaire fraîche (BA/BR) est présenté au niveau de la **figure 26 (a) et (b)**. Le rapport biomasse aérienne/ biomasse racinaire sèche (MSA/MSR) est présenté au niveau de la **figure 25 (a) et (b)**.

De façon générale, les rapports biomasse aérienne/ biomasse racinaire fraîche (BA/BR) sont proches ou supérieurs de celui du témoin, aussi bien dans le cas du test de l'épandage que celui du substrat horticole. Il semblerait que le mélange de compost avec la tourbe ou l'épandage sur sol favorise le développement de la biomasse aérienne. A l'exception, du compost seul ou BA/BR diminue. L'addition de compost, à dose inférieure à 100%, joue un rôle de fertilisant qui favorise le développement de la biomasse. Ces résultats sont semblables à ceux du rapport biomasse aérienne/ biomasse racinaire sèche (MSA/MSR). La biomasse aérienne est favorisée comparativement à la biomasse racinaire.

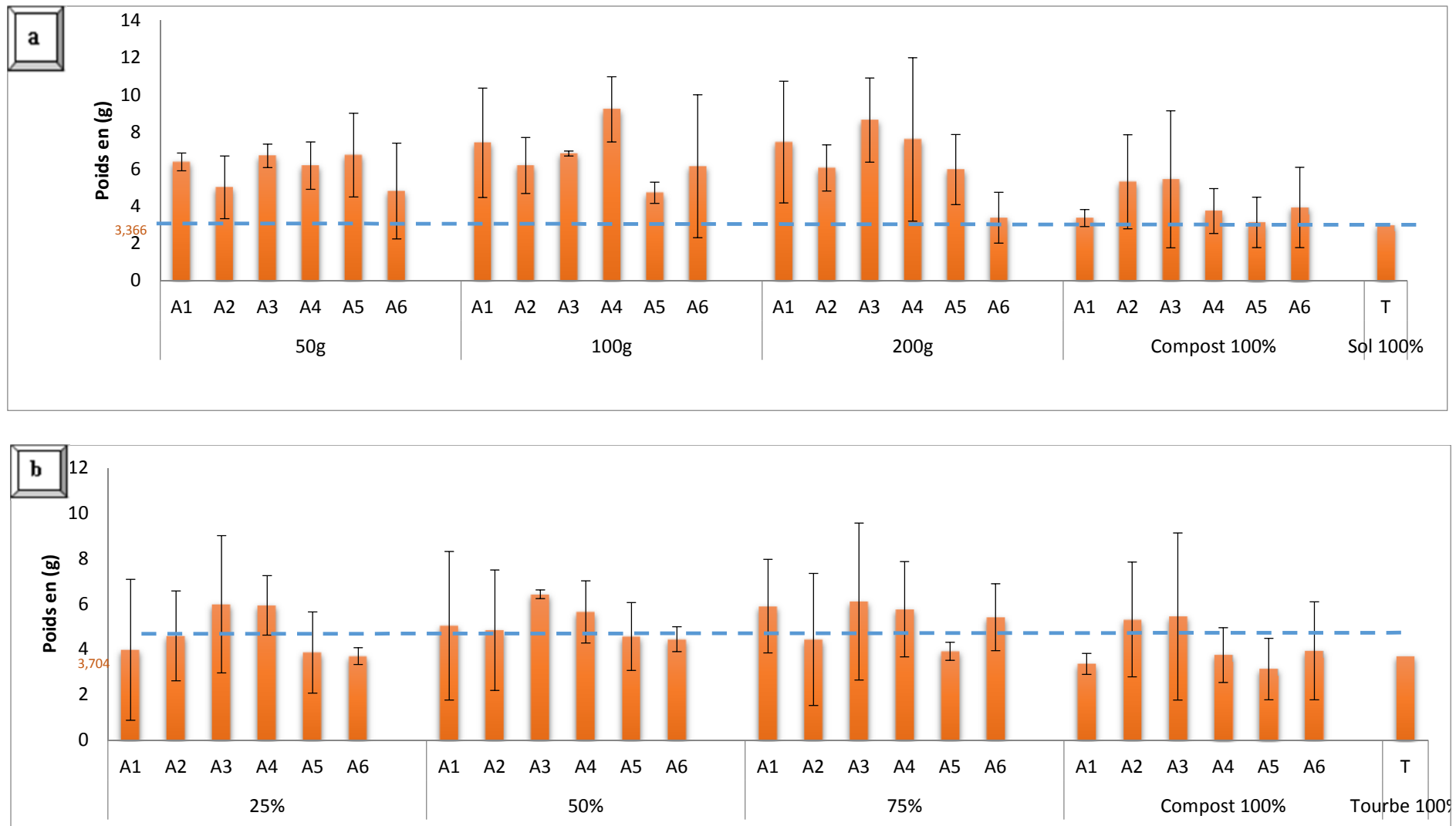


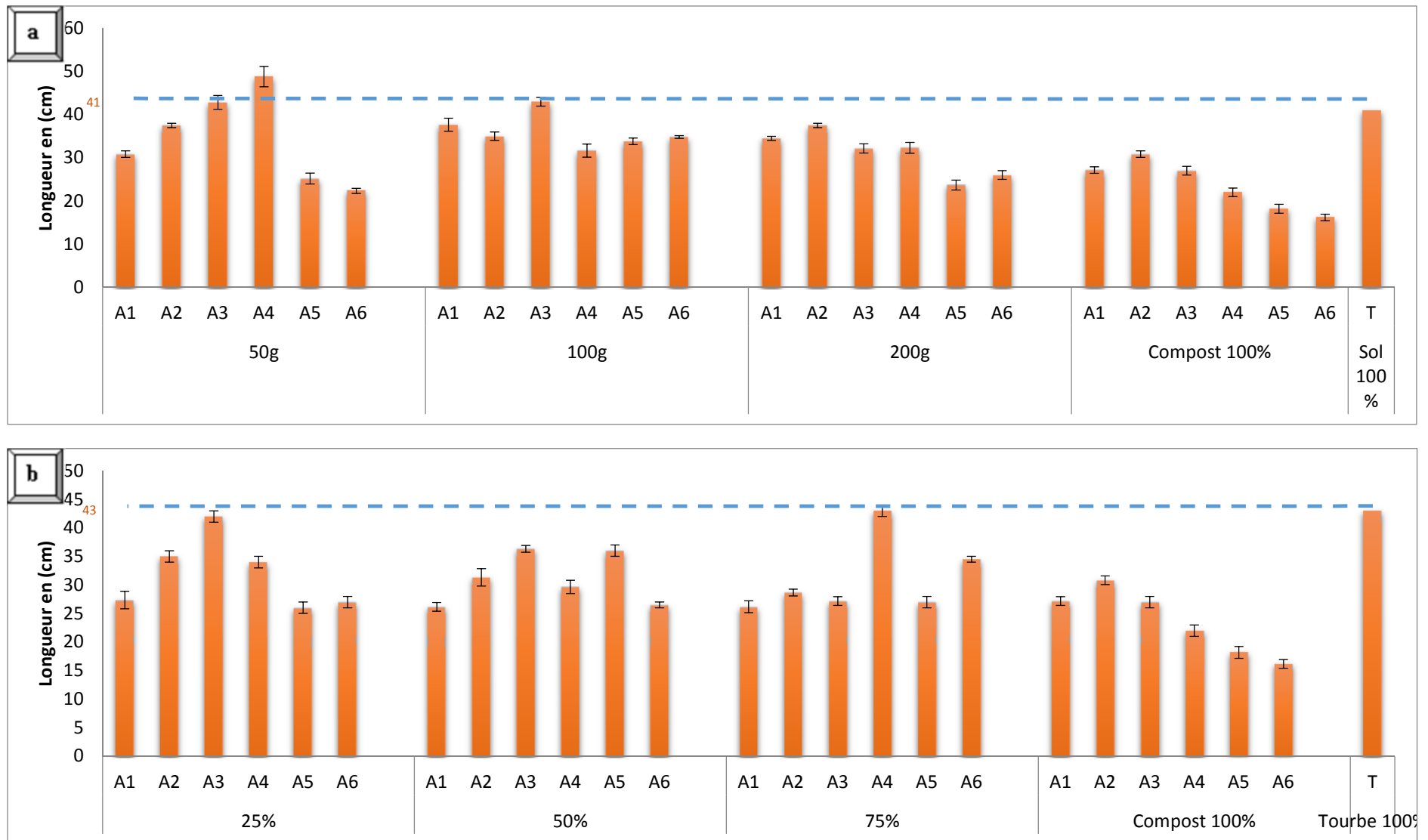
Figure 26 : Rapport de la biomasse aérienne et racinaire (BA/BR) , a : dans le cas de l'épandage des composts (VA), b : dans le cas du mélange avec la tourbe (VH).

### **III.4. Longueur racinaire(LR)**

La longueur de la racine (LR) est présentée au niveau de la **figure 27 (a) et (b)**

La longueur racinaire de l'orge dans le cas du test d'épandage ou du test horticole est inférieure au témoin pour la majorité des composts.

L'examen de la figure **figure 27 (a) et (b)** montre que les racines les plus longues sont mesurées dans la dose 50 et 100g, par contre les racines les plus courtes sont mesurées dans le compost à 100%.

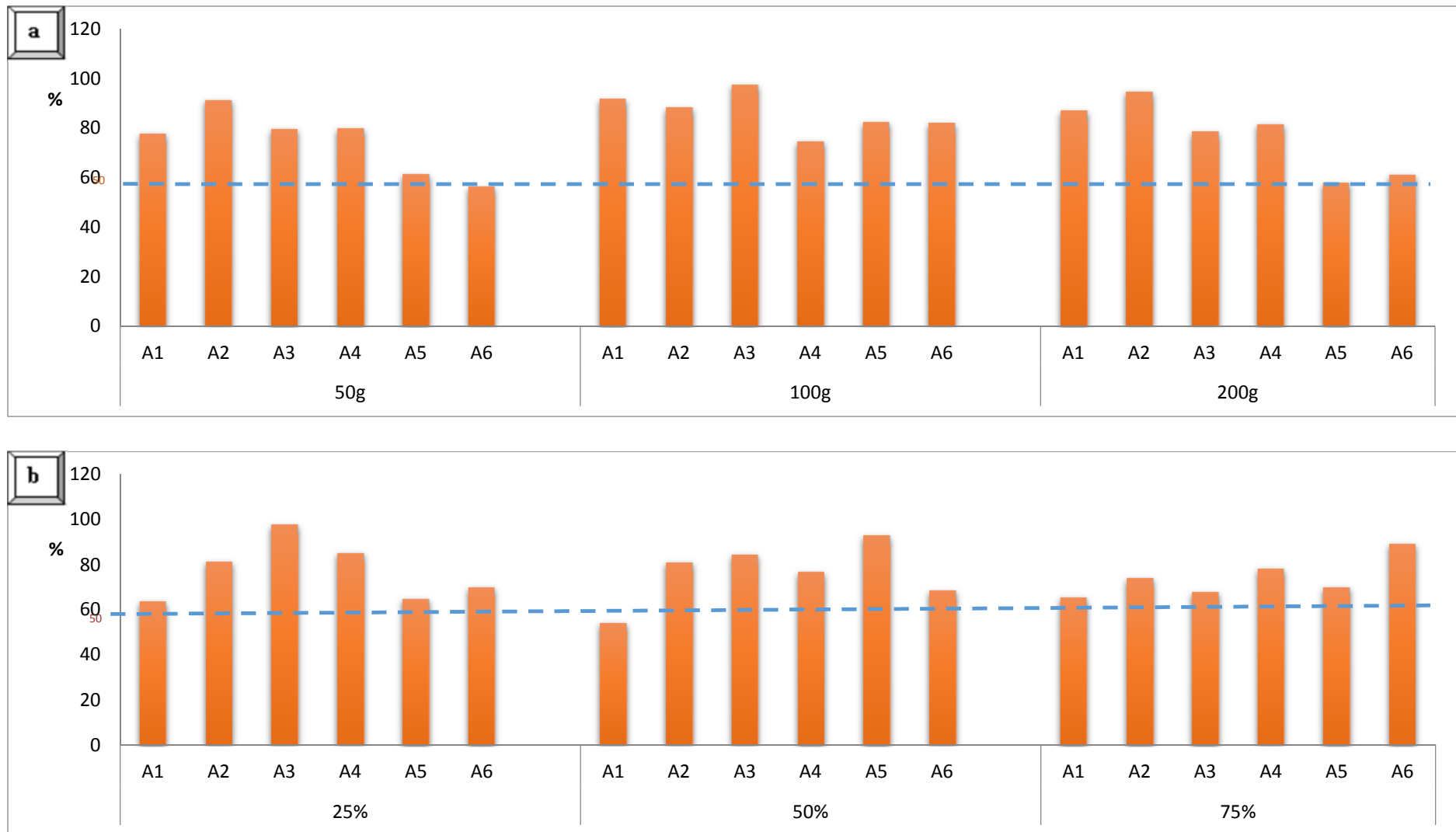


**Figure 27 : Longueur racinaire (LR), a : dans le cas de l'épandage des composts (VA), b : dans le cas du mélange avec la tourbe (VH).**

### **III.5. Indice de germination avec longueur racinaire (IG)**

L'indice de germination avec longueur racinaire (IG) est présenté au niveau de la **figure 28 (a) et (b)**.

Les indices de germination des mélanges de différents composts sont supérieurs à 50%, ce qui montre non seulement un bon degré de maturité mais aussi une excellente qualité de compost et une absence totale de la phytotoxicité(CHIKAE et al., 2007).



**Figure 28 : Indice de gémination avec longueur racinaire (IG), a : dans le cas de l'épandage des composts (VA), b : dans le cas du mélange avec la tourbe (VH).**

### **III.6. Valorisation des composts**

L'absence de montée des températures indique que les composts sont stables. Les densités sèches sont relativement faibles mais proches de celle du terreau commercial ( $d=0,35\text{g/cm}^3$ ), ce qui indique que l'ensemble des composts constitue un produit léger. Ces composts peuvent être utilisés dans le cas de l'épandage sur sols lourds. La granulométrie est dominée par les éléments fins. Le taux de matière organique est autour de 45%, la conductivité et le pH, indiquent des composts de bonne qualité. L'absence de phytotoxicité de l'ensemble des composts vient confirmer la qualité de ces derniers. Les composts testés au vu des résultats des analyses, du test de phytotoxicité peuvent être aussi bien valoriser en tant que matière organique à épandre sur le sol que substrat pour l'horticulture. Les meilleures doses d'épandage correspondent à celles de  $5\text{kg/m}^2$  et  $10\text{kg/m}^2$  pour l'ensemble des composts. Ces meilleurs résultats sont obtenus avec les composts 2-3-4. En tant que substrat horticole, les composts 2-3-4 à 25%, pour les mélanges à 50% de compost ce sont les composts 2-3-5, pour 75% de compost ce sont les composts 2-4-6 qui présentent la meilleure qualité. Cette comparaison des composts est basée sur l'indice de germination avec la longueur racinaire. L'absence de phytotoxicité indique que les composts ont atteint une bonne maturité.

### Conclusion

A l'issue de notre travail, nous pouvons tirer les enseignement suivant :

- ✓ L'absence de montée des températures indiquent que les composts ont atteint la stabilité.
- ✓ Au vu des propriétés physiques et chimiques, les composts seraient de bonne qualité, l'analyse de N,P,K, C /N, CEC devraient compléter l'évaluation de la qualité chimique.
- ✓ L'absence de phytotoxicité indique que les composts ont atteint la maturité.

Ces composts peuvent être valorisés comme matière organique à l'épandage sur des sols fortement dégradés.

Ils peuvent aussi être utilisés comme substrat horticole.

### Perspectives

- Evaluer le rapport C /N.
- La capacité de rétention en eau.
- Doser N,P,K et la CEC.
- Tester les composts par des épandages au champs.
- Tester les composts comme substrat horticole.

# Conclusion

# **Références bibliographique**

- ALBRECHT R.2007. Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : Nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique. Thèse de doctorat. Université Paul Cézanne Aix-Marseille III. 189p.
- ALBURQUERQUE, J. A., GONZALVEZ, J., GARCIA, D. ET CEGARRA, J. 2006. Measuring detoxification and maturity in compost made from "alperujo", the solid by product of extracting olive oil by the two-phase centrifugation system. *Chemosphere*
- AMIR Soumia., (2005). N° :2207. Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomie. Institut National Polytechnique (ENSAT-INP). Toulouse. France. 341p.
- BERNAL MP, LOPEZ-REALJM, SCOTT KM.1993. Application of natural zeolites for the reduction of ammonia emissions during the composting of organic wastes in a laboratory composting simulator. *Bioresour Technol.*
- BERNAL, M. P., NAVARRO, A. F., SANCHEZ-MONEDERO, M. A., ROIG, A. et CEGARRA, J. 1998. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil. *Soil Biology and Biochemistry*
- BONNEAU, M. & SOUCHIER, B. 1980. *Constituants et Propriétés du Sol*, Bonneau et B. Souchier eds, Masson eds, pp. 665, Paris.
- CASTALDI, P., ALBERTI, G., MERELLA, R. et MELIS, P. 2005. Study of the organic matter evolution during municipal solid waste composting aimed at identifying suitable parameters for the evaluation of compost maturity. *Waste Management*.
- CHARNAY F. 2005. Compostage des déchets urbains dans les Pays en Développement : élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de doctorat. Université de Limoges. Ecole Doctorale Science Technique. 448p.
- CHEN, Y. N. 2003. Nuclear magnetic resonance, infra-red and pyrolysis: Application of spectroscopic methodologies to maturity determination of composts. *Compost Science et Utilization*.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- CHIKAE, M., KERMAN, K., NAGATANI, N., TAKAMURA, Y. et TAMIYA, E. 2007. An electrochemical on-field sensor system for the detection of compost maturity. *Analytica Chimica Acta*.
- CUMMINGS D. 2014. *The organic Composting Handbook : Techniques for a Healthy. Abundant Garden*. New York. Ed. Skyhorse Publishing.
- DEPORTES, I., BENOIT-GUYOD, J.-L. ET ZMIROU, D. 1995. Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review. *Science of The Total Environment*.
- DEVISSCHER, S., (1997). *Propriétés et valorisation du compost*. Mémoire. D.E.S.S. Université Picardie.
- DIAZ L.F. ., DE BERTOLDI M., *BIDLINGMAIER W.* et STENTIFORD E. 2007. *Compost Science and Technology*, Volume 8 (Waste Management), Amsterdam-Boston-Heidelberg-London-New York-Oxford-Paris-San Diego-San Francisco-Singapore-Sydney-Tokyo,Med. ELSEVIER. 381p.
- DINESH K. MAHESHWARI. 2014. *Composting for Sustainable Agriculture*, India, Ed. SPRINGER, 295p.
- DUPLESSIS J. 2006. *Le compostage facilité : guide sur le compostage domestique*. NOVA Envirocom. Canada.
- GARCIA C., HERNANDEZ T. et COSTA F. 1991. Changes in carbon fraction during composting and maturation of organic wastes. *Environ Manage* 15 :433-439.
- GARCIA, C., HERNANDEZ, T., COSTA, C., CECCANTI, B., MASCIANDARO, G. et CIARDI, C. 1993. A study of biochemical parameters of composted and fresh municipal wastes. *Bioresource Technology*.
- GRIGATTI, M., CIAVATTA, C. et GESSA, C. 2004. Evolution of organic matter from sewage sludge and garden trimming during composting. *Bioresource Technology*.
- HELFRICH P. et al. 1998: « A novel method for determining phytotoxicity in composts ». *Compost Science et Utilization*.
- HOUOT, S., FRANCOU, C., LINERES, M et LE VILLIO, M., (2002). Gestion de la maturité des composts : conséquence sur leur valeur amendant et la disponibilité de leur azote. *Echo-MO n° 34*.
- [http://www.sadef.fr/expertises/intrants/test\\_germination.htm](http://www.sadef.fr/expertises/intrants/test_germination.htm)

<http://www.scribd.com/doc/184237540/4-Compostage-Principes-pdf>

- HUBER Gérald., et SCHAUB Christiane. (2011). La fertilité des sols : L'importance de la matière organique. Guide des amendements organiques. Bas-Rhin, Alsace.
- INKEL M., DE SMET P., TERSMETTE T. et VELDKAMP T. 2005. La fabrication et l'utilisation de composte. Ed. Agronomisa. 73p.
- KOULL Naima., (2007). Effet de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région de Ouargla.
- LARRE-LARROUY, M.-C. et THURIES, L. 2006. Does the methoxyl group content of the humic acid-like fraction of composts provide a criterion to evaluate their maturity? *Soil Biology and Biochemistry*.
- LASARIDI, K., PROTOPAPA, I., KOTSOU, M., PILIDIS, G., MANIOS, T. et KYRIACOU, A. 2006. Quality assessment of composts in the Greek market: The need for standards and quality assurance. *Journal of Environmental Management*
- LASHERMES Gwenaëlle., (2010). Evolution des polluants organiques au cours du compostage de déchets organiques : Approche expérimentale et modélisation. Thèse de doctorat. Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech). Paris.
- LEBEAULT J.M. et BERNON M. 1992. *Les biotechnologies appliquées au traitement des déchets en Europe et aux Etats Unies de l'Amérique*. état de l'art. 420p.
- LECLERC B. 2012. Compostage : les principes
- MANIOS, V. I., TSIKALAS, P. E. et SIMINIS, H. I. 1989. Phytotoxicity of olive tree leaf compost in relation to the organic acid concentration. *Biological Wastes*.
- MARTIN H. 2005. *Introduction au compostage agricole*, Fiche Technique du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Ontario, Mars 2005.
- MICHAUD L. 2007. Tout sur le compost : le connaître, le faire, l'acheter et l'utiliser Ed Multi Mondes.
- MISRA R.V., ROY R.N. et HIRAOKA H. 2005. Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole, Rome, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. 51p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- MONDINI, C. et INSAM, H. 2003. Community level physiological profiling as a tool to evaluate compost maturity: a kinetic approach. *European Journal of Soil Biology*.
- MOUSSOUNI A. 2010. problématique de la filière oléicole en Algérie vue par un opérateur. Ingénieur Agronome. Technolive Eurl.
- RAMDANI N., 2015. Transformation de la matière organique au cours du Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : Approche expérimentale pour une production durable de compost. Thèse de doctorat. Université d'Oran. 230p.

### SITES UTILISER

- STOFFELLA P.J. et KAHN B. A. 2001. *Compost Utilization In Horticultural Cropping Systems*. Ed. CRC Press ; 1 edition. 431p.
- TAHRAOUI DOUMA. N., 2013. Valorisation par compostage des résidus solides urbains de la commune de Chlef, Algérie. Thèse doc.224p.
- TAILLEFER Sophie., (2010). Les matières organiques. Fiches informatives. Québec.
- TANG, J.-C., MAIE, N., TADA, Y. ET KATAYAMA, A. 2006. Characterization of the maturing process of cattle manure compost. *Process Biochemistry*.
- TIQUIA, S. M. et TAM, N. F. Y. 1998. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. *Bioresource Technology*.
- WONG, M. H. 1985. Phytotoxicity of refuse compost during the process of maturation. *Environmental Pollution, Series A: Ecological and Biological*.
- ZAGHOUANE. O., ABDELLAOUI. Z., HOUASSINE. D. 2006. Quelles perspectives pour l'agriculture de conservation dans les zones céréalières en conditions algérienne ? options Méditerranéennes, série A, Numéro 69.
- ZNAIDI Ibrahim El Akram., (2002). Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes. C.I.H.E.A.M. Mediterranien Agronomic Institute of Bari (Tunisie).

## Résumé

La valeur agronomique des composts porte avant tout, quelque soit le type de compost, sur leur capacité à entretenir, voire augmenter la teneur en carbone organique des sols. L'entretien organique des sols assure le maintien de propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Ces propriétés sont à l'origine de la fertilité des sols. L'objectif de notre travail était la caractérisation physico-chimique de 6 composts issus du compostage de différentes matières organiques en mélange avec des sous-produits de l'industrie oléicole a fin de les valoriser comme matière organique à l'épandage sur des sols dégradés et aussi comme substrat horticole. L'ensemble des composts avec des teneurs en carbone organique qui fluctuaient entre 19,72 à 30,58 % étaient riches en carbone organique. Les pH de tous les composts qui variaient entre 7,49 et 8,91 étaient proches de la neutralité. Ils caractérisent des composts de bonne qualité. Les teneurs en humidité des composts qui se situaient entre 30,55 et 47.9 % étaient faibles, ce qui permet un meilleur stockage des composts. La densité de l'ensemble des andains était comprise entre 0,15 et 0,27 g/cm<sup>3</sup>. La conductivité électrique variait entre 0,085 et 0,146 dS/m. Elle est inférieure à 0,3 dS/m, les composts ne présenteront pas de risque de salinisation des sols lors des amendements. La forte proportion en éléments fins, qui variait entre 74 et 91,4 %. L'indice de germination des composts est supérieur à 50% ce qui indique l'absence de phytotoxicité. Témoigne d'une bonne qualité des composts. De façon générale, les propriétés physiques, chimiques et biologiques de ces 6 composts au stade maturation témoignaient de leur bonne qualité en tant qu'amendement organique des sols et aussi comme un bon substrat horticole.

**Mots clé :** compostage – sous produits oléicoles – valorisation – qualité – phytotoxicité.

## Abstract

The agronomic value of compost is above all, regardless of the type of compost, on their ability to maintain or even increase the organic carbon content of soils. The organic soil maintenance ensures the maintenance of physical, chemical and biological properties of the soil. These properties are at the origin of soil fertility. The objective of our work was the physico-chemical characterization of 6 composts resulting from the composting of different organic materials mixed with by-products of the olive industry in order to value them as organic matter for spreading on degraded soils And also as a horticultural substrate. All composts with organic carbon contents fluctuating between 19.72% and 30.58% were rich in organic carbon. The pH of all composts ranging from 7.49 to 8.91 was close to neutrality. They characterize compost of good quality. Compost moisture contents between 30.55 and 47.9% were low, allowing better storage of composts. The density of the windrow assembly was between 0.15 and 0.27 g / cm<sup>3</sup>. The electrical conductivity varied between 0.085 and 0.146 dS / m. It is less than 0.3 dS / m, the composts will not present a risk of soil salinization during the amendments. The high proportion of fine elements, which varied between 74 and 91.4%. The germination index of the composts is greater than 50% which indicates the absence of phytotoxicity. Evidence of good composts quality. In general, the physical, chemical and biological properties of these 6 composts at the maturation stage testified to their good quality as an organic soil modification and also as a good horticultural substrate.

**Key words:** composting - olive products - valorization - quality - phytotoxicity.