



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

N° d'enregistrement  
/...../...../...../.....

Université de Ghardaïa

كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الأرض

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre

قسم البيولوجيا

Département de Biologie

## THÈSE

Pour l'obtention du diplôme de Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle LMD

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences biologiques

Spécialité: Ecologie saharienne

**Valorisation des différents déchets de palmeraie par  
voie de compostage dans un milieu aride (Cas de la  
région de Ghardaia)**

Soutenue publiquement le: 27/ 10/ 2021

Par

**Fatiha LAOUAR**

Devant le jury composé de:

Mr. KHENE Bachir	MCA	Univ. Ghardaia	Président
Mr. HALILAT M. Tahar	Pr.	Univ. K.M. Ouargla	Directeur de thèse
Mr. BENBRAHIM Fouzi	MCA	E.N.S. Ouargla	Examineur
Mr. GUERGUEB Elyamine	MCA	Univ. Ghardaia	Examineur
Mr. KARABI Mokhtar	MCA	Univ. K.M. Ouargla	Examineur
Mme. OUSTANI Mabrouka	MCB	Univ. K.M. Ouargla	Invité

Année universitaire: 2021 /2022

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*À mes très chers parents, la lumière de ma vie, à qui je  
dois tout le plaisir de mon instruction, Pour tous les  
sacrifices qu'ils ont faits et pour tout le soutien qu'ils  
ont offert tout au long de mes études*

*À mon cher mari et ma fille ; Razane*

*À mes chers soeurs et frères*

*À mes nièces et neveux*

*À toute la famille*

*À tous mes amis.*

*Fatiha*

## **Remerciements**

*Avant tout, louange à Allah, tout puissant, pour m'avoir donnée la santé, la volonté, la patience et les moyens afin d'accomplir ce travail.*

*Au terme de ce travail, il m'est agréable de remercier vivement tous ceux qui, grâce à leur aide précieuse, ont permis la réalisation de ce travail.*

*Je dois remercier particulièrement :*

*Mon directeur de thèse, Monsieur HALILAT Mohamed Tahar, professeur à l'université KASDI Merbah-Ouargla, pour m'avoir dirigée, orientée, conseillée et pour sa présence tout au long de ce travail.*

*Je tiens à remercier sincèrement, Madame OUSTANI Mabrouka, Maitre de conférence A, à l'université Kasdi Merbah -Ouargla, pour m'avoir guidée à bien mener cette étude. Sa disponibilité durant toutes les étapes de ce travail, ses remarques pertinentes et ses suggestions ont sans cesse permis à l'amélioration de la qualité de ce document.*

*J'exprime mes profondes remerciements à Monsieur KHENE Bachir Maitre de conférence A, à l'Université de Ghardaïa, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury pour la soutenance de cette thèse, pour le temps consacré à la lecture de cette thèse, et pour les suggestions et les remarques judicieuses que vous m'avez prodiguées.*

*Je témoigne une particulière gratitude à Monsieur BENBRAHIM Fouzi, Maitre de conférence A, à l'Ecole Nationale Supérieure-Ouargla, pour son soutien et sa précieuse aide lors de la réalisation de la présente thèse, ainsi pour bien voulu juger et examiner ce travail, et nous honorer par sa présence en tant qu'examineur.*

*Je tiens à remercier Monsieur GUEGUEB Elyamine, Maitre de conférence A, à l'Université de Ghardaïa, de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury de cette thèse. Je vous remercie pour vos conseils scientifiques que vous m'apportez en qualité d'examineur.*

*Je remercie également Monsieur KARABI Mokhtar, Maitre de conférence A, à l'Université de Ouargla, de m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury. Je le remercie également pour les discussions que j'ai eu la chance d'avoir avec lui, ses suggestions et ses conseils précieux.*

*Je transmets mes sincères remerciements à Monsieur KEMASSI Abdellah, Professeur à l'U.K.M.-Ouargla, et Monsieur BELGHIT Said, Maitre de conférence A, pour leurs intérêt permanent à mon égard et leurs encouragements.*

*Je remercie également Monsieur EDDOUD Amar, Maitre de conférence, à l'Université de Ouargla, pour leur aides, leur compétences et leur conseils précieux.*

*Toute ma gratitude à l'équipe des laboratoires pédagogiques de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Ghardaïa, particulièrement le responsable KRAIMAT M. pour ses conseils, ses aides et pour sa motivation.*

*Je suis très reconnaissante au soutien et à la bonne humeur quotidienne de l'ensemble des personnes des Laboratoires pédagogiques du département des sciences agronomiques à l'université d'Ouargla, particulièrement le responsable BEGGARI El ayache.*

*Je remercie également Mme AMIEUR A. chef du laboratoire d'A.D.E de Ghardaïa et son équipe qui m'ont facilitée le travail.*

*Je tiens également à remercier tous les enseignants du département de biologie de l'Université de Ghardaïa, qui ont contribué de près ou de loin à ma formation durant la réalisation de ce travail.*

*J'adresse également mes sincères remerciements à l'équipe des jeunes chercheurs de l'université de Ghardaïa, ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail : GUESSOUM H. BANAHED M. CHAMKHA D.*

*Enfin, J'aimerais adresser un immense remerciement à mon père et ma mère adorable pour sa contribution, sa patience et son accompagnement dans le travail sur le terrain ainsi que pour son soutien moral et matériel.*

*Je remercie par la pensée toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse, qu'ils trouvent ici l'expression de ma sincère reconnaissance.*

## *Valorisation des différents déchets de palmeraie par voie de compostage dans un milieu aride (cas de la région de Ghardaïa)*

### **Résumé**

Le compostage est un procédé biologique aérobie de dégradation et de valorisation de matière organique en un produit stabilisé et hygiénique. Le présent travail a pour but de suivre l'évolution de quelques paramètres physiques, physico-chimiques, teneurs en éléments nutritifs majeurs, ainsi que l'appréciation du degré de maturité de quatre types de compost préparés à partir de différents mélanges de résidus d'origine végétale (résidus de palmier dattier, résidus d'olivier et de la paille) et de fumier de volailles. Les mélanges réalisés sont: **T1** : 40% résidus de palmier dattier (PD) + 40% de fiente de volailles (FV) + 20% mélange de résidus (pailles de blé + résidus d'olivier) (ME); **T2** : 50% résidus de palmier dattier (PD) + 50% de fiente de volailles (FV) ; **T3** : 50% résidus de palmier dattier (PD) + 50% mélange de résidus (Pailles de blé + résidus d'olivier) (ME) ; **T4** : 50% fiente de volailles (FV) + 50% mélange de résidus (Pailles de blé + résidus d'olivier) (ME). Les résultats obtenus au bout de sept mois de l'essai montrent une différence de comportement entre les quatre mélanges au cours de l'essai. La température la plus élevée a été enregistrée par le **T4** au début de la période expérimentale avec une température maximale de 55 C°. La teneur en MO et le rapport C/N subissent des réductions significatives au cours de l'essai, notamment pour les traitements qui contiennent la fiente de volailles. En revanche, la teneur en éléments nutritifs majeurs azote, phosphore et en potassium enregistrent des augmentations pour l'ensemble des traitements à la fin de l'essai. Le test de phytotoxicité des composts préparés mené sur la culture de laitue, radis et fève révèle que l'impact sur la germination et la croissance végétative de ces espèces végétales dépend à la fois du compost utilisé et de l'espèce cultivée. En fait, aucun effet toxique n'a été mis en évidence sur le radis et la fève, avec des taux de germination dépassant (85%) pour les quatre traitements. Toutefois, un certain effet inhibiteur de la germination a été signalé chez la laitue au niveau du traitement (FV+ME). Dans l'ensemble, les résultats obtenus montrent que les composts obtenus répondent aux caractéristiques d'un produit possédant une bonne valeur agronomique, stable, hygiénique et apte à assurer une agriculture durable dans les régions arides.

**Mot clés :** Compostage, déchets de palmeraie, Température, analyses physicochimique, phytotoxicité, Ghardaïa.

***Valorization of the different palm grove wastes by composting in an arid region (case of the Ghardaïa region)***

**Abstract**

Composting is an aerobic biological process of degradation and valorization of organic matter in a stabilized and hygienic product. The present work aims at following the evolution of some physical, physicochemical parameters, contents of major nutrients as well as the appreciation of the degree of maturity of four types of compost prepared from different mixtures of residues of vegetable origin (waste of date palm, waste of olive tree and the straw) and poultry manure. The mixtures made are: **T1**: 40% date palm waste (DP) + 40% poultry manure (PM) + 20% waste mixture (wheat straw + olive tree residues) (MI); **T2**: 50% date palm waste (DP) + 50% poultry manure (PM); **T3**: 50% date palm waste (DP) + 50% mixed waste (wheat straw + olive residue) (MI); **T4**: 50% poultry manure (PM) + 50% mixed waste (wheat straw + olive residue) (MI). The results obtained after seven months of the trial show a difference in behavior between the four mixtures during the trial. The highest temperature was recorded by **T4** at the beginning of the experimental period with a maximum temperature of 55 C°. OM content and C/N ratio undergo significant reductions over the course of the trial, especially for treatments containing poultry droppings. On the other hand, the content of major nutrients nitrogen, phosphorus and potassium showed increases for all treatments at the end of the trial. The phytotoxicity test of the prepared composts conducted on lettuce, radish and bean revealed that the impact on germination and vegetative growth of these plant species depends on both the compost used and the species grown. In fact, no toxic effect was found on radish and bean, with germination rates exceeding (85%) for all four treatments. However, some inhibition of germination was reported in lettuce at the (PM+MI) treatment. Overall, the results obtained show that the composts obtained meets the characteristics of a product with good agronomic value, stable, hygienic and suitable for sustainable agriculture in arid regions.

**Keywords :** Composting, Palm grove waste, Temperature, physicochemical analysis, phytotoxicity, Ghardaia.

## تثمين مختلف نفايات بساتين النخيل عن طريق تحويلها إلى سماد في بيئة قاحلة (حالة منطقة غرداية)

### الملخص

التخمير الهوائي هو عملية بيولوجية هوائية تحلل وتثمن المواد العضوية إلى منتج مستقر وصحي. يهدف العمل إلى متابعة تطور بعض المعايير الفيزيائية والفيزيوكيميائية وتركيز العناصر الغذائية الرئيسية، بالإضافة إلى تقدير درجة نضج أربعة أنواع من السماد المحضر من مخاليط مختلفة من المخلفات ذات الأصل النباتي (مخلفات النخيل، مخلفات الزيتون والقمح) وروث الدواجن. الخلائط المنتجة هي: م1 40% مخلفات نخيل (م ن) + 40% روث دواجن (رد) + 20% خليط مخلفات (القمح + مخلفات شجرة زيتون) (خ م)؛ م2 : 50% مخلفات نخيل (م ن) + 50% روث دواجن (رد)؛ م3 : 50% مخلفات نخيل (م ن) + 50% خليط مخلفات (القمح + مخلفات شجرة زيتون) (خ م)؛ م4 : 50% روث الدواجن (رد) + 50% خليط مخلفات (القمح + مخلفات شجرة زيتون) (خ م). تظهر النتائج التي تم الحصول عليها بعد سبعة أشهر من الاختبار اختلافًا بين المخاليط الأربعة أثناء التجربة. تم تسجيل أعلى درجة حرارة بواسطة م4 في بداية الفترة التجريبية مع درجة حرارة قصوى تبلغ 55 درجة مئوية. يخضع محتوى المادة العضوية والكربون /أزوت لتخفيضات كبيرة أثناء التجربة، خاصةً بالنسبة للمعالجات التي تحتوي على روث الدواجن. في المقابل، سجل محتوى العناصر الغذائية الرئيسية النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم زيادات لجميع المعالجات في نهاية الاختبار. يكشف اختبار السمية النباتية للسماد العضوي الذي تم إجراؤه على الخس والفجل والفاول أن التأثير على الإنبات والنمو الخضري لهذه الأنواع النباتية يعتمد على السماد المستخدم والأنواع المزروعة. في الواقع، لم يتم العثور على أي آثار سامة على الفجل والفاول، مع معدلات إنبات تتجاوز (85%) لجميع المعالجات الأربعة. ومع ذلك، توجد بعض التأثيرات المثبطة لإنبات الخس على مستوى المعالج (ر د + خ م). بشكل عام، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن السماد الذي تم الحصول عليه يتوافق مع خصائص منتج ذي قيمة زراعية جيدة ومستقرة وصحية ومناسب لضمان الزراعة المستدامة في المناطق القاحلة.

**الكلمات المفتاحية:** التخمير الهوائي، نفايات بساتين النخيل، التحليل الفيزيوكيميائي، الحرارة، السمية النباتية، غرداية.

## *Liste des figures*

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
1	Limites administratives de la région d'étude	7
2	Oasis de Sebseb dans la chebka du M'Zab	8
3	Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Ghardaïa (1990 - 2016)	11
4	Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER (1990 -2016)	12
5	Approche expérimentale adoptée pour la préparation et l'appréciation de la maturité des composts préparés	16
6	Différents substrats organiques utilisés	18
7	Aspects des différents traitements réalisés	20
8	Schéma de dispositif expérimental	28
9	Courbe de l'évolution de la température des quatre traitements au cours de processus de compostage	31
10	Effet de type de traitement sur la conductivité électrique (CE)	34
11	Evolution de la conductivité électrique des quatre traitements au cours du compostage	35
12	Effet de type de traitement sur le pH	36
13	Evolution du pH des quatre traitements au cours du compostage	37
14	Effet de type de traitement sur le CO et la MO	39
15	Evolution de la matière organique et du carbone organique des quatre traitements au cours du compostage	40
16	Effet de type de traitement sur le rapport (C/N)	41
17	Evolution du rapport C/N des quatre traitements au cours du compostage	42
18	Effet de type de traitement sur l'azote total (N)	44



19	Evolution de la teneur de l'azote total des quatre traitements au cours du compostage	45
20	Effet de type de traitement sur la teneur en phosphore total (P)	46
21	Evolution de la teneur de phosphore totale des quatre traitements au cours du compostage	47
22	Effet de type de traitement sur le potassium (K)	48
23	Evolution de la teneur de potassium des quatre traitements au cours du compostage	48
24	Taux de germination des plantes en fonction de type de traitement	49



### *Liste des photos*

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
1	Réipients clos	19
2	Retournement des mélanges	21
3	Thermomètre utilisé pour le suivi thermique	22

### *Liste des tableaux*

<b>N°</b>	<b>Titre de tableau</b>	<b>Page</b>
1	Données climatiques de la zone d'étude de 1990 à 2016	9
2	Caractéristiques physicochimiques du sol de Sebseb	25
3	Caractéristiques physicochimiques du l'eau d'irrigation de Sebseb	26
4	Composition des trous	28
5	Effet de type de traitement sur les paramètres de croissance végétative de la fève	53
6	Effet de type de traitement sur les paramètres de croissance végétative de la laitue	54
7	Effet de type de traitement sur les paramètres de croissance végétative de radis	56

### *Liste des abréviations*

C/N	Rapport Carbone/Azote
CE	Conductivité électrique
CEC	Capacité d'échange cationique
CO	Carbone organique
D.P.A.T	Direction de planification et d'aménagement des territoires
dS/m	Di Siemens par meter
FV	Fiente de volailla
ME	Mélange entre paille de blé et déchet d'olivier
mg/l	Milligramme/litre
MO	Matière Organique
mS/cm	Millisiemens par centimeter
PD	Palmier datier

## *Table des matières*

Table des matières.....	1
Liste des tableaux.....	
Liste des figures.....	
Liste des abréviations .....	
Introduction .....	1

### ***PREMIERE PARTIE : matériel et méthode d'étude***

#### ***Chapitre I : Présentation de la région d'étude***

1. Facteurs abiotiques .....	6
1.1. Situation géographique de la région de Ghardaïa.....	6
1.2. Synthèse climatique et bioclimatique .....	8
1.2.1. Synthèse climatique .....	8
1.2.2. Température.....	9
1.2.3. Précipitation .....	9
1.2.4. Humidité relative.....	9
1.2.5. Vent .....	10
1.2.6. Evaporation.....	10
1.2.7. Insolation.....	10
1.2.8. Synthèse bioclimatique .....	10
1.2.8.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	11
1.2.8.1. Climagramme d'EMBERGER.....	11
1.3. Géologie et géomorphologie .....	12
1.4. Hydrogéologie .....	13
1.8. Pédologie .....	13
2. Facteurs biotiques .....	13
2.1. Végétation.....	13
2.1.1. Productions agricoles.....	13
2.2. Production animale.....	14

#### ***Chapitre II : Matériel et méthodes d'étude***

1. Objectif des essais et approche expérimentale .....	15
2. préparation et suivi des paramètres physique et physicochimique des composts.....	17
2.1. Site expérimental.....	17

2.2. Substrats organiques utilisés.....	17
2.2.1. Résidus de palmier dattier .....	17
2.2.2. Résidus de paille.....	17
2.2.3. Résidus d'Olivier.....	17
2.2.4. Fiente de volailles.....	17
2.3. Conduite de l'essai .....	18
2.3.1. Broyage des substrats collectés.....	18
2.3.2. Préparation des mélanges et dispositif expérimental.....	18
2.3.3. Arrosage.....	21
2.3.4. Retournement.....	21
2.4. Suivi des paramètres physiques et physico-chimiques.....	22
2.4.1. Suivi des paramètres physiques.....	22
2.4.1.1. Suivi thermique .....	22
2.4.1.2. Suivi des paramètres physicochimiques.....	22
2.4.1.2.1. Prélèvement des échantillons .....	22
2.4.1.2.2. Méthodes d'analyses .....	23
2.4.1.2.2.1. pH.....	23
2.4.1.2.2.2. Conductivité électrique (CE).....	23
2.4.1.2.2.3. Matière organique (MO).....	23
2.4.1.2.2.4. Carbone organique.....	23
2.4.1.2.2.5. Azote total.....	23
2.4.1.2.2.6. Rapport C/N.....	24
2.4.1.2.2.7. Phosphore total.....	24
2.4.1.2.2.8. Potassium.....	25
2.5. Suivi des paramètres biologiques (appréciation de degré de maturité du compost) .....	25
2.5.1. Caractéristiques du sol utilisé.....	25
2.5.2. Caractéristiques de l'eau d'irrigation.....	26
2.5.3. Matériel végétal utilisé.....	26
2.5.4. Conduite de l'essai.....	27
2.5.5. Dispositif expérimental.....	27
2.5.6. Paramètres mesurés.....	28
2.5.6.1. Test de germination.....	28
2.5.6.2. Paramètres de croissance végétative.....	29
2.6. Analyse statistique.....	29

2.6.1. Statistiques descriptives.....	29
2.6.2. Analyse de la variance à un facteur.....	29

## ***DEUXIEME PARTIE: Résultat et discussion***

### ***Chapitre III : Caractéristiques des composts étudiés***

1. Etude des paramètres physiques.....	31
1.1. Evolution de la température au cours du compostage .....	31
1.2. Evolution de la conductivité électrique (CE) .....	33
2. Etude des paramètres physico-chimiques.....	35
2.1. Evolution du pH.....	35
2.2. Evolution du matière organique (MO) et carbone organique (CO).....	38
2.3. Evolution du rapport (C/N).....	40
2.4. Evolution des teneurs en azote total, de phosphore et de potassium .....	43
2.4.1. Evolution de l'azote total (N).....	43
2.4.2. Evolution de phosphore total (P).....	45
2.4.3. Evolution de potassium (K).....	47

### ***Chapitre IV: Valorisation agronomique des composts des traitements adoptés***

1. Evaluation de la qualité biologique des composts préparés.....	49
1.1. Test de phytotoxicité.....	49
1.2. Effet des composts élaborés sur certains paramètres de la croissance végétale.....	52
1.2.1. Effet de type de traitement sur les paramètres de croissance végétative de la fève.	52
1.2.2. Effet de type de traitement sur les paramètres de croissance végétative de la laitue.	54
1.2.3. Effet de type de traitement sur les paramètres de croissance végétative de radis.	55
Conclusion.....	59
Références bibliographiques.....	62
Annexes.....	73

# *INTRODUCTION*



## ***Introduction***

Depuis le début des années 1990, la protection de l'environnement est devenue une préoccupation collective. La question des déchets est quotidienne et touche chaque individu tant sur le plan professionnel que familial (ELHAFIANE, 2012).

Si les déchets ont été longtemps considérés comme des résidus sans valeur, des activités de production et de consommations industrielles et consommateurs reconnaissent aujourd'hui que le traitement des déchets constitue l'enjeu écologique de cette fin de siècle, et que la mise en place d'une véritable filière économique du traitement des déchets s'impose (SCRIBAN, 1993).

Par ailleurs, la montée puissante et rapide du volume des déchets biodégradables qui prolifère dans les pays du tiers monde est l'un des problèmes de l'environnement parmi les plus alarmants du monde actuel ; citons : la pollution de l'eau, de l'atmosphère et du sol (MANZEKELE, 2008).

Mais qu'est-ce qu'un déchet ?

Au sens courant du mot, c'est un résidu de production ou de consommation sans valeur d'usage, qui doit, par conséquent être éliminé, ce qui entraîne un coût individuel ou social. Mais tout autant que les ressources, le déchet est un concept relatif à un contexte technologique et, par-là, culturel et historique. Si nous lui trouvons une valeur d'usage, par exemple comme matière première dans une production nouvelle, il cesse d'être un déchet pour devenir une ressource, une valeur d'échange potentielle et non plus un coût (SAMUEL *et al.*, 1976).

En revanche, divers pays sont confrontés à une augmentation importante des déchets (FUCHS *et al.*, 2001). Or, une grande partie de ces déchets est de nature organique, et un recyclage par le biais de différents procédés biologiques permettraient de combler le déficit humique des sols surexploités et d'en réactiver une vie microbiologique équilibrée (GOBAT *et al.*, 2003).

Par ailleurs, la prise de conscience des capacités limitées de notre planète à fournir l'élément nécessaire à recycler aux mieux nos déchets. Ces déchets sont à la fois une source de nuisances pour l'environnement et un gisement important pour la récupération des matières premières. De ce fait, la valorisation des déchets reste le moyen le plus intéressant pour préserver la qualité de l'environnement. Les filières de récupération et de valorisation sont multiples pour une meilleure gestion des déchets (AOUN et BOUAOUN, 2008).

Selon MUSTIN (1987), les sous produits agricoles sont divisés en deux catégories: les sous produits animaux venant d'effluents d'élevage liquide ou solide comme par exemple les boues, les fumiers et les lisiers, et les sous produits végétaux venant des résidus de cultures ou résidus agroalimentaires tel que la paille, pulpe et noyaux.

Ces déchets biodégradables, lorsqu'ils sont déversés dans des décharges, ils se décomposent dans des conditions anaérobies non contrôlées. S'ils ne sont pas exploités, du gaz d'enfouissement se dégage et s'échappe dans l'atmosphère. Le gaz d'enfouissement contient du méthane, un gaz à effet de serre plus dangereux que le dioxyde de carbone, ce qui augmente le risque du problème d'échauffement du globe (gaz à effet de serre) (MANZEKELE, 2008).

L'une des façons les plus prometteuses de traiter les déchets d'origine végétale ou animale est le compostage. Cette technique permet à la fois, de valoriser ces déchets, et de minimiser leur impact négatif sur l'environnement.

Le compostage qui est défini par DAMIEN (2006) ; PENG et *al.* (2013), comme un procédé biologique aérobie de dégradation et de valorisation de matière organique en un produit stabilisé et hygiénisé disposant des caractéristiques d'un terreau enrichi en composés humiques.

Le compostage est devenu l'une des pratiques les plus répandues de nos jours. C'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 (GOBAT et *al.*, 1998 ; CASTALDI et *al.*, 2007). C'est aussi une technique très avantageuse par son faible coût et son impact mesuré sur l'environnement (VEEKEN et HAMELERS, 2002).

L'application du compost dans le sol améliore les propriétés physiques, chimiques et biologiques, et restaure la matière organique. Il possède une forte concentration en matières organiques et aide à rendre à la terre certaines de ses propriétés qui s'épuisent avec la mise en culture continue. En se minéralisant avec le temps, le compost a donc également une fonction secondaire d'engrais organique (rôle de fertilisant chimique avec apport de NPK et d'oligo-éléments pour les plantes) (HELENE et GEETA, 2015).

Par ailleurs, la diminution de la fertilité du sol suite à une agriculture trop intensive ou inappropriée s'observe aussi bien dans les pays industrialisés que dans les pays en voie de développement. Il en résulte une perte de matière organique stable dans les sols (LARBI, 2006). Ce

problème s'accroît dans les régions arides où la matière organique du sol ne dépasse pas 1%, et où, les flux de sorties des substances organiques dépassent largement les flux d'entrées à cause des conditions climatiques défavorables à l'accumulation de la matière organique (HALITIM, 2011).

A l'instar des sols des régions arides, le sol au sud de l'Algérie se trouve à des stades de dégradation alarmants (HALITIM, 1988 ; LAL, 2004 ; D'ODORICO et RAVI, 2015). Il est sujet à une désertification qui se caractérise, sur le plan pédologique par une baisse notable de la fertilité de sol sur de multiples plans : physique, chimique et biologique (TEJADA et *al.*, 2006 ; OUSTANI, 2006 ; LAKHDHAR et *al.*, 2008) attribuée principalement à l'appauvrissement en matière organique (ALBALADEJO et *al.*, 2000; WANG et *al.*, 2010 ; DLAMINI et *al.*, 2014). La teneur en matière organique (M.O.) de ces sols est souvent inférieure à 0,1 % (DURANT 1954, 1959 ; DUTIL, 1971 ; ROGNON, 1994 ; DAOUD et HALITIM, 1994 ; HALILAT, 1998 *in* KOULL et HALILAT, 2016). Cette faible teneur résulte de la rareté de la végétation et de la faible biomasse.

En revanche, l'entretien annuel des palmeraies dans les régions oasiennes produit un gisement important de matière organique. Cette grande quantité de déchets accumulés dans le milieu oasien peut être à l'origine de nombreux problèmes environnementaux, d'où l'importance de leur recyclage (TIRICHINE, 2009 ; OUSTANI, 2011).

Dans ce cadre, le compostage semble être une meilleure solution de valorisation de ces déchets. En fait, l'intégration de compost dans l'agriculture oasienne constitue un moyen de sa relance car selon CHAKROUNE et *al.* (2005), son utilisation comme amendement organique, pourra remédier aux problèmes de l'appauvrissement des sols du milieu oasien en matière organique et contribuer à la lutte contre des maladies des plantes (BOUHAOUACH et *al.*, 2009).

L'incorporation de compost au sol s'avère efficace pour lutter contre la dégradation de la surface du sol (BRESSON et *al.*, 2001) et pour améliorer sa porosité et sa structure (PAGLIAI et *al.*, 2004). Les amendements organiques par applications de compost dans les sols permettent également une diminution de l'apport des engrais minéraux lixiviables. Ils améliorent durablement et efficacement la fertilité du sol (GUITTONNY-LARCHEVEQUE, 2004), favorisent les processus de reforestation en améliorant la nutrition et la croissance des plantes et, surtout augmentent leur potentiel de survie en période de sécheresse. Enfin, les amendements en matière organique stable accroissent le pouvoir tampon et la capacité d'échange des sols, deux paramètres conditionnant la nutrition minérale des plantes (MUSTIN, 1987). L'action bénéfique du compost sur la productivité des plantes a été largement démontrée (LEE et *al.*, 2004). Cet effet est dû à l'amélioration des

qualités physiques (structure, porosité) et chimiques (teneur en azote, en carbone et en oligoéléments) des sols (CASTALDI *et al.*, 2007).

Néanmoins, le compost ne peut assurer ces bienfaits sauf s'il a acquis un degré de maturité acceptable. La maturité et le degré de stabilité d'un compost sont les caractéristiques les plus importantes à considérer pour tester sa qualité. En effet, l'apport d'un compost immature dans un sol engendre des effets négatifs sur la germination, la croissance et le développement des plantes en relation avec la présence excessive de composés toxiques et nuisibles (excès d'ammoniac et d'acides organiques, pathogènes, métaux lourds, excès de salinité...) (TIQUIA *et al.*, 1997; FRANCO, 2005)

La préparation d'un compost issue de mélange de fientes de volailles autant qu'un substrat très concentré en éléments nutritifs (OUSTANI, 2011 ; DELGADO *et al.*, 2012 ; OUSTANI *et al.*, 2015 ; OUSTANI, 2016 ; SANCHEZ -GARCIA *et al.*, 2018) et des déchets locaux tels que les résidus du palmier dattier et autres déchets de la palmeraie assurera l'autonomie d'approvisionnement en matière organique, réduira les couts de production et permettra l'entretien permanent des palmeraies (TIRICHINE *et al.* , 2017).

Ce travail consiste à suivre quelques paramètres physiques, physico-chimiques, teneurs en éléments nutritifs ainsi que, l'appréciation de degré de maturité de quatre types de compost préparés à partir d'un mélange des résidus de palmeraie (résidus de palmier dattier, résidus d'olivier et de la paille) et de fumier de volailles. Cette étude comparative permettra de déterminer le comportement de chaque mélange organique à part afin de déterminer le meilleur mélange permettant un bon futur compost respectant la qualité de l'environnement sur ses triples composantes : sol, eau et air.

Ainsi, ce manuscrit est divisé en deux parties :

La première partie contient deux chapitres :

Chapitre 1 : Tentera au prime abord de faire une synthèse sur le contexte écologique de la région de déroulement de l'essai.

Chapitre 2 : Illustre le matériel utilisé et les méthodes adoptés pour la réalisation de ce travail, ainsi que les méthodes de traitement des données.

La deuxième partie est consacrée aux résultats obtenus accompagnés d'une discussion ponctuée. Elle est composée à son tour de deux chapitres :

Chapitre 3: Ce chapitre est réservé à l'étude de l'évolution des paramètres physiques et physico-chimiques des composts produits dans le cadre de cette étude, et surligner la comparaison des moyennes entre les différents traitements.

Chapitre 4: Ce chapitre traite l'appréciation de degré de maturité des composts obtenus et l'évaluation de leur valeur agronomique.

Enfin, en guise de conclusion générale, nous proposerons une synthèse des résultats acquis, des recommandations et des perspectives.

***PREMIERE PARTIE***



***MATERIELS &  
METHODES***

## Chapitre I. Présentation de la région d'étude

### 1. Facteurs abiotiques

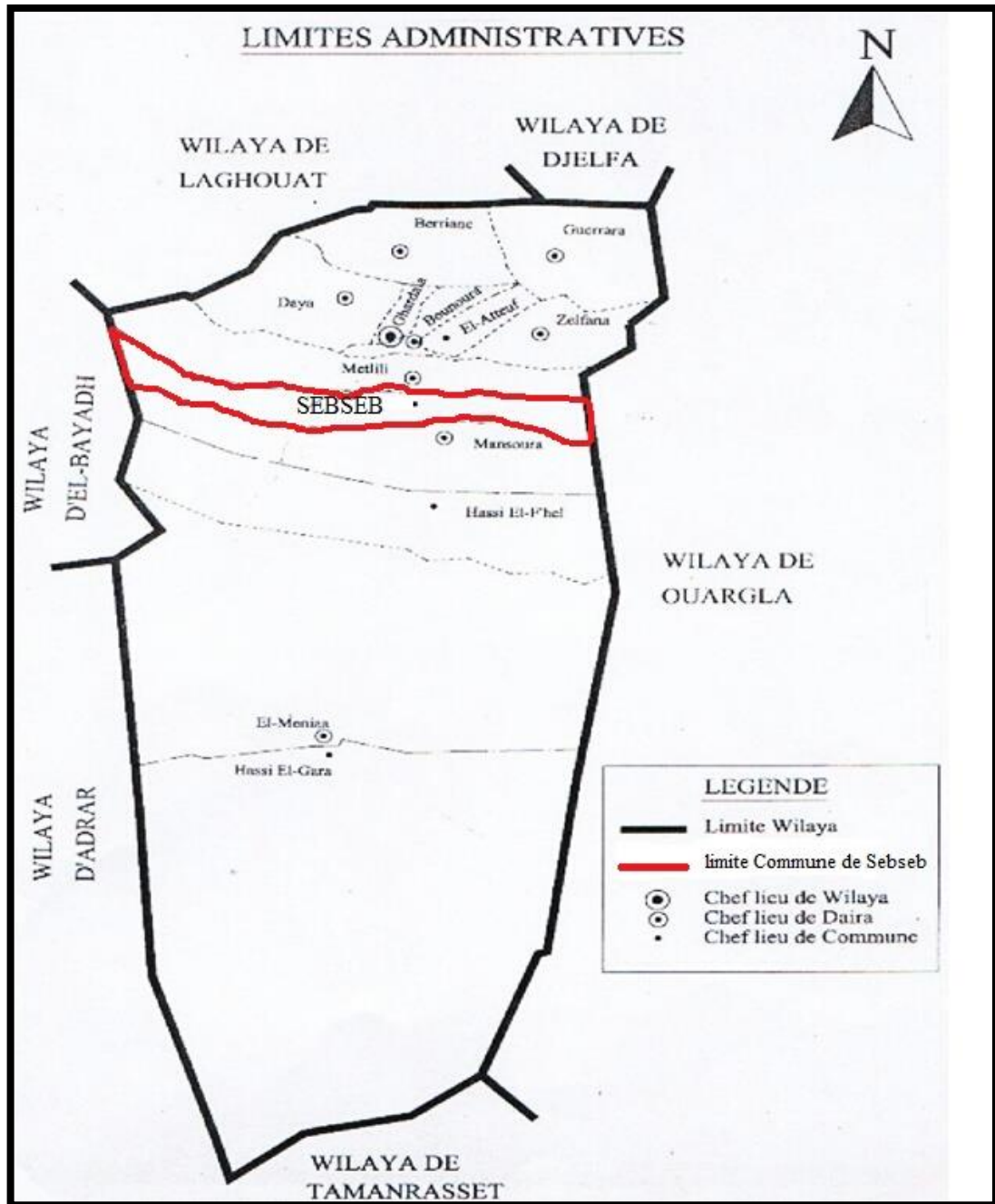
#### 1.1. Situation géographique de la région de Ghardaïa

La wilaya de Ghardaïa s'étale sur une superficie de 86 560 km<sup>2</sup>. Elle commence à 600 km au sud d'Alger dans la partie centre du nord du Sahara algérien à 32° 30 de latitude Nord et à 3° 45 de longitude (D.P.A.T., 2014). Elle est limitée (D.P.A.T., 2014) (Fig. 1) :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km) ;
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km) ;
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla (190 Km) ;
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1370 Km) ;
- Au Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar (400 Km) ;
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh (350 Km).

Quant à la commune de Sebseb (wilaya de Ghardaïa) est issue du découpage administratif du 1984, elle a bénéficié d'un chef-lieu communal, rattachée à la daïra de Metlili. La commune est d'une superficie de 5640 km<sup>2</sup> (6.55% de superficie totale wilaya), s'étend du Nord au Sud sur 15 à 30 km et de l'Est à l'Ouest sur environ 200 km. Elle est limitée:

- Au Nord par la commune de Metlili (wilaya de Ghardaïa) ;
- Au Sud par la commune Mansourah (wilaya de Ghardaïa) ;
- A l'Est par la commune Rouissat (wilaya d'Ouargla) ;
- A l'Ouest par la commune de Brezina (wilaya de ElBaydh) (D.F.W.G., 2014) (Fig. 1)



**Figure 01.** Limites administratives de la région d'étude (D.P.A.T., 2005).

Le paysage de Sebseb est celui d'une oasis saharienne, où le couvert végétal est plus ou moins concentré grâce aux cultures, la plus marquante étant la phoeniculture. Comme la plupart des oasis du M'Zab, elle se situe sur une vallée bordée d'escarpements rocheux de la Chebka (Fig. 2) (HOUICHITI, 2009).





**Figure 02.** Oasis de Sebseb dans la chebka du M'Zab (GUESSOUM, 2019).

## 1.2. Synthèse climatique et bioclimatique

La synthèse climatique de la région est établie sur la base des données climatiques de la période (1990-2016).

### 1.2.1. Synthèse climatique

Le climat de la région de Ghardaïa est typiquement Saharien, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'Avril à Septembre) et une autre tempérée (d'Octobre à Mars) avec une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver (A.N.R.H., 2011).

Parmi les facteurs climatiques, nous citerons ici la température, les précipitations, l'humidité relative de l'air, les vents, l'évaporation et l'insolation. Le tableau 01 résume les données climatiques de la région d'étude de 1990 à 2016.

**Tableau 01.** Données climatiques de la zone d'étude de 1990 à 2016 (O.N.M., 2018).

Mois	T. (C°)			P. (mm)	E. (mm)	I. (h/mois)	H. (%)	V.V (m/s)
	Moy.	Max.	Min.					
Janvier	11,30	21,90	2,49	10,91	104,2	244	53,25	4,50
Février	13,06	24,53	3,62	3,80	128,1	246,1	45,25	4,18
Mars	16,69	29,59	6,06	9,64	184,6	273,4	38,48	5,13
Avril	20,85	34,75	10,03	8,57	240,1	298,4	35,60	5,66
Mai	26,41	39,10	14,53	3,77	302,7	318,3	27,94	5,50
Juin	31,10	42,86	20,78	3,31	370,2	328,2	25,89	5,45
Juillet	31,78	43,99	25,57	2,35	416,7	347,8	22,17	4,17
Aout	29,64	43,83	24,98	5,46	362,3	325,3	25,50	3,11
Septembre	29,15	40,73	18,94	18,76	282,9	268,9	36,69	3,32
Octobre	22,43	34,83	13,99	7,50	186	265,4	43,62	3,94
Novembre	16,25	27,83	6,50	8,38	128,4	248	49,86	3,13
Décembre	12,32	21,72	3,07	7,25	124,7	238,4	56,33	3,32
Moyenneannuelle	21,75	33,80	12,55	89,70*	2830,8*	3402,2*	38,38	4,28
T. : Température ; P. : Pluviométrie ; E. : Evaporation ; I. : Insolation ; H. : Humidité relative V.V. : Vitesse de vent ; * : Cumulés annuelle								

### 1.2.2. Température

D'après le tableau (01). La température moyenne annuelle de la région de Ghardaïa est de 21,75 °C, avec 31,78 °C en Juillet pour le mois le plus chaud, et 11,30 °C en Janvier pour le mois le plus froid (Tableau 01) (GUESSOUM, 2019).

### 1.2.3. Précipitations

Les précipitations sont très rares et irrégulières à travers les saisons et les années. Le mois le plus pluvieux est celui de Septembre avec une pluviométrie moyenne mensuel de l'ordre de 18,76 mm, et un cumulé annuel de 89,70 mm (Tableau 01) (GUESSOUM, 2019).

### 1.2.4. Humidité relative

L'humidité relative de l'air est très faible. La moyenne annuelle est de 38.38 %. Elle varie sensiblement en fonction des saisons de l'année.

En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à 22,17 % au mois de Juillet, sous l'action d'une forte évaporation et des vents chauds ; alors qu'en hiver elle s'élève et atteint une moyenne maximale de 56,33 % au mois de Décembre (Tableau 01) (GUESSOUM, 2019).

### **1.2.5. Vent**

Dans la région de Ghardaïa, les vents sont fréquents durant toute l'année. La vitesse moyenne du vent est de l'ordre de 4.28 m/s, avec un maximum de 5.66 m/s au mois d'Avril.

Les vents d'hiver soufflent du Nord-Ouest et sont froids et relativement humides, les vents d'été soufflent du Nord-Est et sont fort et chauds, Les vents de sable soufflent du Sud-Est, environ 20 jours par an surtout en Mars, Avril et Mai (Tableau 01) (GUESSOUM, 2019).

### **1.2.6. Evaporation**

L'évaporation est l'un des facteurs caractérisant l'aridité d'une région. Dans la région de Ghardaïa le maximum d'évaporation est enregistré durant le mois de Juillet avec 416.7 mm, le minimum est enregistré durant le mois de Janvier avec 104.2 mm avec un cumul annuel moyen de 2830.8 mm (Tableau 01) (GUESSOUM, 2019).

### **1.2.7. Insolation**

A cause de la faible nébulosité de l'atmosphère, la quantité de lumière solaire est relativement forte, ce qui a un effet desséchant en augmentant la température (OZENDA, 1991). La forte luminosité est un facteur favorable pour l'assimilation chlorophyllienne, mais elle a en revanche un effet dessèchent car elle augmente la température (OZENDA 1983).

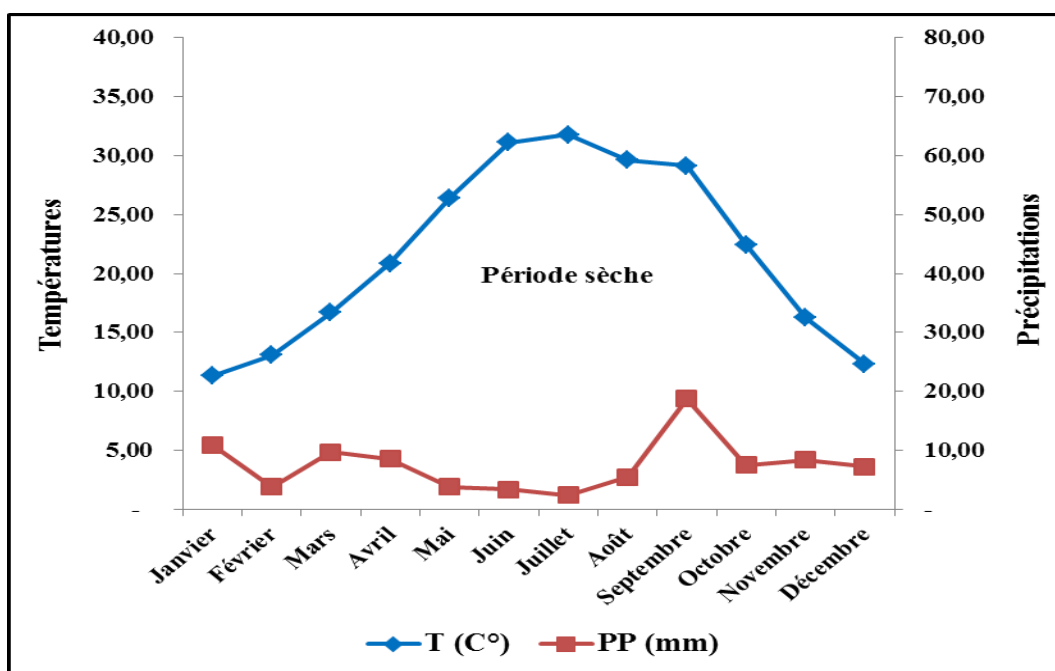
Pour la région de Ghardaïa, la durée d'insolation minimum est de 238.4 heures au mois de Décembre, la durée d'insolation maximum est de 347.8 heures au mois de Juillet (Tableau 01) (GUESSOUM, 2019).

### **1.2.8. Synthèse bioclimatique**

La température et les précipitations représentent les facteurs les plus importants pour caractériser le climat d'une région donnée (FAURIE et *al*, 1980). Le diagramme ombrothermique de Gaussen donne les périodes humides et les périodes sèches alors que le climagramme pluviométrique d'Emberger détermine l'étage bioclimatique.

### 1.2.8.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

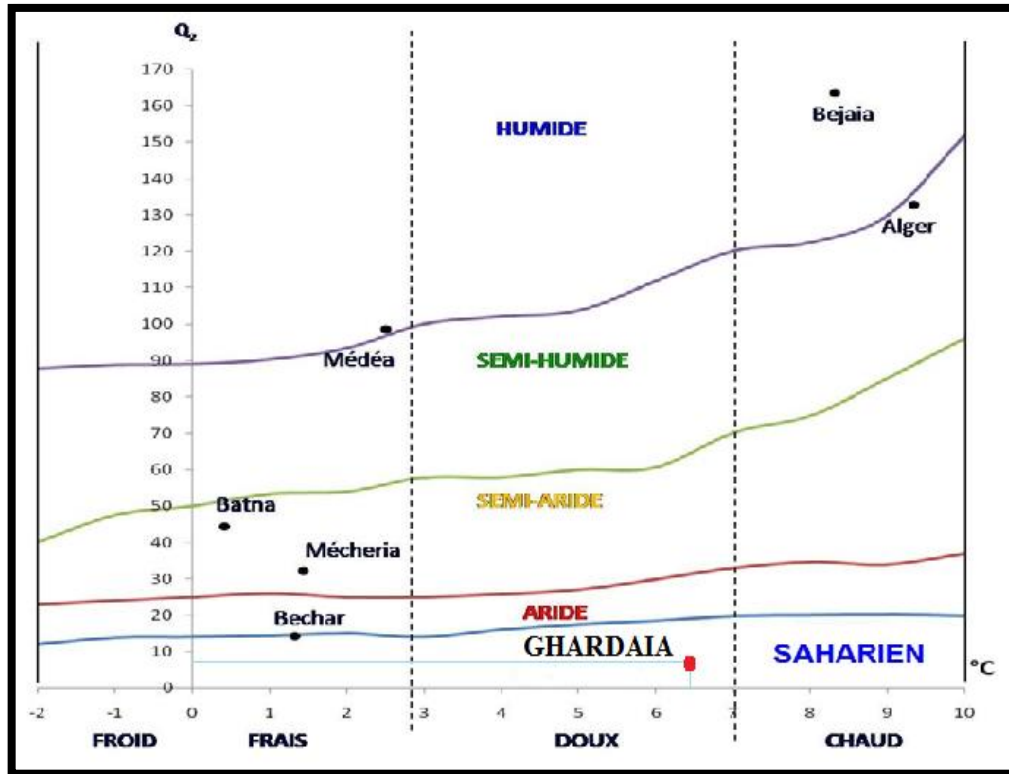
Selon le tableau (01), basé sur l'enregistrement des données de précipitations et des données de températures mensuelles sur une période de 26 ans, on peut établir la courbe pluviométrique qui détermine la période sèche. Dans la région de Ghardaïa, le diagramme ombrothermique montre que la période de sécheresse s'étale sur toute l'année (Fig. 3).



**Figure 03.** Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Ghardaïa (1990 - 2016) (GUESSOUM, 2019).

### 1.2.8.2. Climagramme d'EMBERGER

Ghardaïa se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux et son quotient pluviothermique ( $Q_2$ ) est de 7.41 (Fig. 4) (Annexe. I) (GUESSOUM, 2019).



**Figure 04.** Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER (1990 -2016) (GUESSOUM, 2019).

### 1.3. Géologie et géomorphologie

Le territoire de Sebseb comprend trois parties géo-morphologiquement différentes. Elles se disposent en bandes adjacentes de l'Ouest à l'Est. La chebka occupe la partie centrale du territoire, sa marge Est, est une Hamada, tandis qu'à l'Ouest on trouve une haute plaine (C.C.F.A., 1960 in HOUICHITI, 2009).

La vallée de Sebseb est une formation qui appartient au quaternaire continental. Cette structure se présente sous forme de lits d'oueds, de dépressions et de dunes. Le plateau rocheux de la chebka est la formation la plus ancienne, elle appartient au secondaire, représentée par le Crétacé moyen (le Turonien) et le Crétacé supérieur marin (le Sénonien) (URBATIA, 1996). La hamada de l'Est et la plaine de l'Ouest sont formées de poudingues calcaires lacustres du Pliocène continental (URBATIA, 1996).

## 1.4. Hydrogéologie

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont: Oued Sebseb; Oued Metlili; Oued M'zab; Oued N'sa et Oued Zegrir. L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab. Ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, leur écoulement est sporadique, il se manifeste à la suite des averses orageuses que connaît la région (DUBIEF, 1953).

## 1.5. Pédologie

Généralement, les sols des lits d'Oued sont des sols de regs, hamadas qui sont caractérisés par l'érosion ou d'accumulation d'alluviaux (KADI et KORICHI, 1993). Les alluvions quaternaires sont formées de sable, galets et argile qui tapissent le fond de la vallée de l'oued de Metlili, d'une épaisseur de 20 à 35 m (ANRH, 2005). Ainsi, le sol est peu évolué d'apport alluvio-colluvial, peu caillouteux avec une texture sablo-limoneuse (D.S.A, 2005 ; DAHOU, 2014).

Au niveau de la chebka, on ne trouve que des roches calcaires ou dolomitiques, dont le sous-sol est riche en marnes. Les hamadas ne sont que de vastes étendues pierreuses. On ne rencontre du sol qu'au niveau des bas-fonds, daya ou lit d'oued suffisamment large, comme celui de Sebseb (HOUICHITI, 2009).

## 2. Facteurs biotiques

### 2.1. Végétation

La végétation est d'un côté le reflet des conditions climatiques et édaphiques locales et d'un autre côté le cadre de vie pour la faune et source directe de son alimentation. La végétation des zones arides est en particulier du Sahara est très clairsemé et dispersé. On rencontre principalement dans la région de Ghardaïa les espèces suivantes : le Drinn (*Stipagrostis pungens*), Rtem (*Retama retama*), Zeita (*limoniastrum guyonianum*), Ethle (*Tamarix articulata*), Kikout (*Pancratium saharae*), Agga (*Zygophyllum album*), Alanda (*Ephedra alata*) (CHEHMA, 2005).

#### 2.1.1. Productions agricoles

D'après HOUICHITI (2009), les principales spéculations agricoles rencontrées à Sebseb sont :

➤ **Phoeniciculture**

Dans l'oasis de Sebseb, le palmier dattier est la principale culture. Sa présence dans l'exploitation est considérée comme indispensable, quel que soit le mode de mise en valeur. Cependant, l'importance numérique du dattier, dans une exploitation donnée dépend généralement du système de production adopté (HOUICHITI, 2009).

➤ **Arboriculture fruitière**

On compte environ 46.000 arbres fruitiers productifs et 30.000 jeunes plants. Ces arbres se trouvent généralement sous le palmier dattier. On trouve principalement les agrumes, le pommier et la vigne, le poirier, le néflier, le pêcher et l'olivier.

➤ **Maraîchage**

Les cultures maraîchères sont pratiquées en plein champ, sur environ 450 hectares. Elles produisent annuellement environ 90.000 quintaux de légumes, dont nous citerons pour la saison hivernale : la carotte, l'oignon, le navet, la fève, le pois, l'épinard et la laitue; pour l'été : potiron, la courge, aubergine, melon, piment, tomate et pomme de terre (HOUICHITI, 2009).

➤ **Cultures fourragères**

Elles sont représentées principalement par l'orge et le sorgho. On retrouve également la carotte fourragère, l'avoine et la luzerne. Ce type de culture occupe environ 120 ha.

## **2.2. Production animale**

L'élevage pratiqué à Sebseb est celui d'ovins et de caprins, les troupeaux sont respectivement estimés à 7.500 et 1.800 têtes. L'élevage de poulet de chair est faiblement pratiqué (3.000 unités) (HOUICHITI, 2009).

## ***Chapitre II. Matériel et méthodes d'étude***

### **1. Objectif des essais et approche expérimentale**

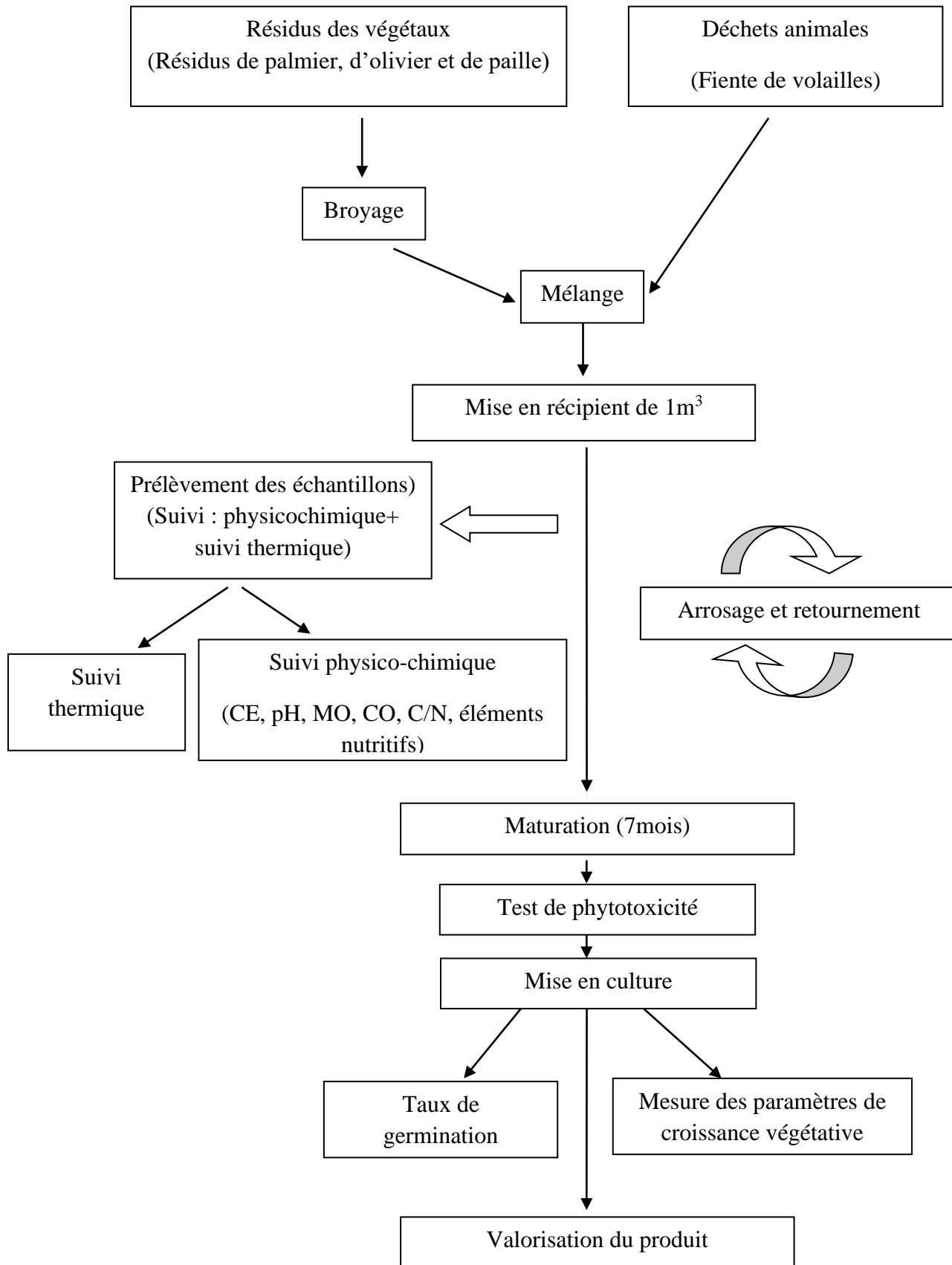
L'objectif de ce travail consiste dans son premier volet à suivre l'évolution de certains paramètres physiques (Température), physico-chimiques et teneurs en éléments nutritifs majeurs (CE, pH, MO, C<sub>Org</sub>, N<sub>total</sub>, C/N, P<sub>total</sub>, K) de quatre types de mélanges de différents déchets oasiens aux quels est ajouté la fiente de volailles et, en deuxième volet d'apprécier le degré de maturité des composts produits par l'application de test de phytotoxicité.

Cette étude comparative permettra de déterminer le comportement de chaque mélange organique à part, afin de déterminer le meilleur traitement répondant aux critères d'un bon compost sur le plan agronomique et environnemental sous nos conditions expérimentales.

L'approche expérimentale adoptée pour la réalisation de ce travail est illustrée dans la figure

05





**Figure 05:** Approche expérimentale adoptée pour la préparation et l'appréciation de la maturité des composts préparés.

## **2. Préparation et suivi des paramètres physiques et physicochimique des composts**

### **2.1. Site expérimental**

L'essai a été installé dans une exploitation privée dans la région de Sebseb. La mise en place de l'essai a eu lieu le 12/11/2016.

### **2.2. Substrats organiques utilisés**

#### **2.2.1. Résidus de palmier dattier**

Les résidus palmier utilisés correspondent à un mélange de palmes sèches, régimes, pétioles ...etc. Ces résidus ont été collectés de l'exploitation où nous avons réalisé notre essai (Fig. 6).

#### **2.2.2. Résidus de paille**

Il s'agit de la paille de blé tendre issue de la dernière campagne. Elle a été ramenée d'une exploitation à privée de la région Sebseb (Fig. 6).

#### **2.2.3. Résidus d'Olivier**

Il s'agit des résidus secs d'olivier (feuilles, noyaux, fruits, débris de pressurage....etc.). Ils ont été apportés d'une exploitation privée (Fig. 6).

#### **2.2.4. Fiente de volailles**

La fiente de volailles utilisée dans le cadre de cette étude a été ramenée d'une exploitation privée d'un élevage de poulet de chair dans la région de Sebseb. Il s'agit d'un déchet frais âgé de deux mois (Fig. 6).



**Figure 06:** Différents substrats organiques utilisés

## 2.3. Conduite de l'essai

### 2.3.1. Broyage des substrats collectés

Avant emploi, les différents substrats organiques ont subi à un broyage a fin de faciliter le processus de biodégradation lors du compostage.

### 2.3.2. Préparation des mélanges et dispositif expérimental

Pour la présente étude, la méthode de compostage choisie correspond à la méthode de compostage dans des récipients clos .Cette dernière offre de multiples avantages :

- Encombrement réduit, accès propre.
- Compostage rapide.
- Protection contre les animaux et les aléas climatiques.
- Diminution de pertes de gaz.

L'expérience a été réalisée dans des récipients de 1m<sup>3</sup> (Photo. 1), déposés à proximité d'une source d'eau et à l'abri du soleil et des vents. L'essai comprend au total 12 récipients repartis en quatre traitements.

Chaque traitement est préparé à base de résidus de palmier au quels sont ajoutés des résidus d'olivier, de paille et de fiente de volailles à différentes proportions :

- **1<sup>er</sup> Traitement:** 40% résidus de palmier dattier (PD) + 40% de fiente de volailles (FV) + 20% mélange de résidus (pailles de blé + résidus d'olivier) (ME).
- **2<sup>ème</sup> Traitement:** 50% résidus de palmier dattier (PD) + 50% de fiente de volailles (FV).
- **3<sup>ème</sup> Traitement:** 50% résidus de palmier dattier (PD) + 50% mélange de résidus (Pailles de blé + résidus d'olivier) (ME).
- **4<sup>ème</sup> Traitement:** 50% fiente de volailles (FV) + 50% mélange de résidus (Pailles de blé + résidus d'olivier) (ME).

Notant que chaque traitement a été répété trois fois.



**Photo 01:** Récipients clos.



**Traitement 1: PD+FV+ME**



**Traitement 2: PD+FV**



**Traitement 3: PD+ME**



**Traitement 4: FV+ME**

**Figure 07:** Aspects des différents traitements réalisés.

### 2.3.3. Arrosage

Les mélanges sont beaucoup trop secs pour être compostés tel quels. Leur humidification est donc nécessaire pour les ramener à un taux compatible avec le compostage.

Durant le processus de compostage, la teneur en eau ne doit ni descendre en dessous de 30% ni dépasser les 55% à 75%.

Concernant notre étude, l'arrosage a été effectué en parallèle avec les périodes de retournement pour ramener le compost à un taux d'humidité voisin de 40%. Le contrôle de cette humidité a été effectué à l'aide d'un hygromètre.

### 2.3.4. Retournement

Un apport d'oxygène régulier est nécessaire afin d'aérer les mélanges et d'échauffer la matière en dégradation. Pour notre essai qui a duré sept mois, neuf (9) retournements ont été réalisés de manière périodique à savoir : le 1<sup>er</sup> jour de l'expérience, 2 semaines, 1 mois, 2 mois puis 3 mois après la mise en tas. Ces retournements sont nécessaires pour assurer une bonne biodégradation aérobie des matières organiques compostées (Photo. 2).



**Photo 02:** Retournement des mélanges.



**Photo 03:** Thermomètre utilisé pour le suivi thermique.

## **2.4. Suivi des paramètres physiques et physico-chimiques**

### **2.4.1. Suivi des paramètres physiques**

#### **2.4.1.1. Suivi thermique**

La mesure de température a été effectuée quotidiennement pour tous les traitements pendant la première semaine de l'essai. Par la suite, elle a été prise chaque semaine jusqu'à la fin du processus de compostage. La mesure de la température a été effectuée à l'aide d'un thermomètre. Elle est prise au milieu des récipients des mélanges et ceci en intégrant le thermomètre dans le centre de chaque mélange (Photo. 3).

#### **2.4.1.2. Suivi des paramètres physicochimiques**

Les analyses des paramètres physico-chimiques ont été effectuées chaque mois jusqu'à la fin de processus de compostage.

##### **2.4.1.2.1. Prélèvement des échantillons**

Pour la caractérisation physico-chimique, les échantillons ont été prélevés au début de l'essai au mois de Novembre (2016). Après un prélèvement mensuel au début de chaque mois a été réalisé jusqu'à la fin de l'essai qui a duré sept mois. Ainsi des échantillons représentatifs de chaque type de mélange de poids équivalent à 0.5 kg ont été mis dans des sacs en plastique numérotés, apportés au laboratoire, séchés à l'air ambiant, broyés et conservés jusqu' au moment de l'analyse.

### 2.4.1.2.2. Méthodes d'analyses

#### 2.4.1.2.2.1. pH

Le pH a été mesuré avec un pH mètre, avec un rapport matière/eau (1/5).

#### 2.4.1.2.2.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique a été déterminée à l'aide d'un conductimètre à 25 °C, avec un rapport matière/eau (1/5).

#### 2.4.1.2.2.3. Matière organique (MO)

Nous avons utilisé la méthode de calcination dont le principe se résume comme suit : dans des capsules en porcelaine, on pèse 4 échantillons de 1g de broyat des traitements qu'on met dans l'étuve à une température de 105 °C pendant 24 heures, puis on les passe par la suite au four à moufle à une température de 850 °C (DOGGAR, 1980 *in* OUSTANI, 2016). On attaque à feu modéré pendant deux heures et on les porte lentement et graduellement à la chaleur rouge pendant quatre heures.

La perte au feu représente la masse de matière organique disparue par combustion et pyrolyse, mais l'attaque thermique donne des résultats par excès c'est-à-dire il y a toujours départ simultané d'eau libre résiduelle. En évaluant la quantité d'eau perdue et en la soustrayant de la masse perdue au feu, on détermine le pourcentage de matière organique.

#### 2.4.1.2.2.4. Carbone organique

A partir du taux de la matière organique, on peut en déduire le taux de carbone organique par la relation suivante :

$$\text{M.O \%} = \% \text{ de Corg. } 2 \longrightarrow \text{Corg \%} = \% \text{ de M.O } / 2$$

#### 2.4.1.2.2.5. Azote total

Le dosage de l'azote a été effectué par la méthode de Kjeldahl. Dans un compost, l'azote se trouve sous forme minérale et organique (protéines, phospho-amino-lipides...). Pour doser la totalité de l'azote, l'échantillon doit être minéralisé en totalité afin de permettre la transformation de l'azote organique en azote minéral.



- **Minéralisation**

Dans un matras on mélange 0.5 g d'échantillon préalablement séché et broyé, en présence de 0.5 g du catalyseur kjeldahl ( $K_2SO_4$ : 50 g,  $CuSO_4$ : 5 g, et sélénium Se: 0.5 g) qui permet de convertir les différentes formes d'azote en sulfate d'ammonium, et 10 ml de  $H_2SO_4$  concentré (36N), puis on place les matras dans un minéralisateur à haute température jusqu'à l'obtention d'un minéralisât blanchâtre (au moins 3 heure).

- **Distillation et dosage**

Après refroidissement le minéralisât est distillé en milieu alcalin (excès de soude) ( $NaOH$  50 ml, 10 N) en présence d'un indicateur coloré la phénolphthaléine. L'ammoniac est récupéré par l'action borique ( $H_3BO_3$ ) (10 ml, 1 N). Pour le dosage on neutralise l'ammoniac par une solution  $H_2SO_4$  (0.02 N) en présence d'un indicateur coloré : l'indicateur de Tashiro (Rouge de méthyle 0.1 g, Vert de bromo-crésol 0.5 g Ethanol à 95 %: 500 ml) (ELFELS, 2014).

La teneur en azote minérale, est déterminée selon l'expression suivante :

$$N (\%) = N' (V_e - V_t) \times 1,4 / P$$

N : Azote NTK.

$V_e$  : volume de titre de l'échantillon (ml).

$V_t$ : volume de titre de témoin (ml).

$N'$  : normalité de l'acide sulfurique du dosage.

P : poids en gramme de la prise d'essai (mg).

#### **2.4.1.2.2.6. Rapport C/N**

Ce rapport est calculé après détermination des teneurs en carbone et en azote.

#### **2.4.1.2.2.7. Phosphore total**

Le phosphore de l'échantillon organique est mis en solution en utilisant une solution d'acides nitrique sulfurique et perchlorique. Le dosage des ions P en solution s'effectué par spectrophotométrie (Longueur d'onde: 825 nm) d'un complexe phosphomolybdique selon la méthode Murphy-riley (Carter, 1993).

#### 2.4.1.2.2.8. Potassium

Le dosage de potassium (K) a été réalisé à l'aide d'un photomètre à flamme. Il nécessite une minéralisation et une préparation des solutions d'étalonnage, la minéralisation étant une étape commune, seule la nature de la solution d'étalonnage change. Dans ce qui suit, les étapes de la minéralisation des échantillons considérés sont relatées. On pèse 1 g de chaque substrat dans une capsule en porcelaine et on les met dans le four à moufle pour subir une calcination successive (2 heures à une température de 220 °C et 6 heures à une température de 550 °C). On ajoute, après refroidissement, 2 ml d'acide chlorhydrique (HCl) concentré dans chaque capsule. On chauffe les substrats dans un bain à sable jusqu'à l'évaporation totale de l'acide. On ajoute 5 ml de HCl (N/10) et on filtre les solutions obtenues dans des fioles jaugées de 100 ml et on ajoute l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. On passe les échantillons dans le photomètre à flamme après avoir passé les solutions d'étalonnage appropriées à chaque élément minéral (M'SADAK *et al.*, 2012).

### 2.5. Suivi des paramètres biologiques (appréciation de degré de maturité du compost)

Il existe de nombreuses méthodes d'évaluation de la maturité du compost (GOYAL *et al.*, 2005 ; ALBURQUERQUE *et al.*, 2006). Pour notre essai, on a adopté le test de germination et celui de la croissance végétative pour apprécier le degré de maturité de nos produits.

#### 2.5.1. Caractéristiques du sol utilisé

Le sol au niveau de cette palmeraie est caractérisé par une texture sablonneuse, une structure meuble, un pH alcalin, une faible conductivité électrique et une faible teneur en matière organique. Les principales caractéristiques du sol sont mentionnées dans le tableau 02.

**Tableau 02:** Caractéristiques physicochimiques du sol de Sebseb (GUESSOUM, 2019).

Paramètre	Résultat
pH eau	8.18
CE (dS/m)	0,43
Calcaire total (%)	3.69
Matière organique (%)	0.24
Na <sup>+</sup> (mg/l)	40
K <sup>+</sup> (mg/l)	6.5
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	40.08
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	94.77
Classe texturale	Sableuse

### 2.5.2. Caractéristiques de l'eau d'irrigation

La caractérisation physico-chimique de l'eau utilisée pour l'irrigation est présentée dans le tableau 03:

**Tableau 03:** Caractéristiques physicochimiques du l'eau d'irrigation de Sebseb (LAOUAR, 2013).

Paramètre	Résultat
pH	7.24
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	204.12
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	280.56
K <sup>+</sup> (mg/l)	16.66
Na <sup>+</sup> (mg/l)	372.72
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0.257
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1463.28
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	620.42
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	71.76
Fer <sup>+2</sup> (mg/l)	0.11

### 2.5.3. Matériel végétal utilisé

Pour évaluer la maturité des composts obtenus, nous avons déterminé l'effet de compost sur le taux de germination des graines, ainsi que, sur les paramètres de croissance végétative de trois espèces végétales à savoir :

- Le radis (*Raphanus sativus*),
- La laitue (*Lactuca sativa*)
- La fève (*Vicia faba*).

Le choix de ces espèces s'est basé, d'une part sur leur cycle végétatif relativement court, d'autre part, en raison, de leur bonne réponse à la fertilisation organique.

#### 2.5.4. Conduite de l'essai

L'essai a été réalisé sous serre dans une exploitation privée dans la région de Sebseb. Le sol a été enrichi séparément de 2 % de chaque traitement. La quantité de semences utilisée pour le test de phytotoxicité est comme suit: deux Graines par trou pour chaque espèce végétale (Tableau. 4).

L'irrigation a été effectuée sous forme localisée (goutte à goutte) à raison de 0.5 litre par plante presque chaque jour jusqu'à l'humidité à la capacité au champ, au départ et ensuite selon le besoin de chaque espèce végétale. Il est à mentionner que chaque essai a été répété trois fois.

Le nombre de graines germées est compté au bout de 10 jours pour la laitue, 5 jours pour le radis et 12 jours pour la fève. Alors que, les paramètres de la croissance végétative ont été déterminés à la maturité des fruits pour la fève et le radis, et à la floraison pour la laitue.

#### 2.5.5. Dispositif expérimental

Le protocole de l'essai consiste à comparer l'effet de quatre types de composts apportés au sol à raison de 2 % sur la germination et les paramètres de croissance végétative de trois espèces végétales, par rapport à un témoin positif (Sol + Terreau).

Ainsi le dispositif expérimental choisi est de type bloc factoriel 1 facteur en bloc aléatoire complet (Fig. 8), comprenant 15 parcelles élémentaires (trois blocs et cinq traitements) pour chaque espèce végétale. La superficie de chaque parcelle est de 2.19 m<sup>2</sup>. Les espacements entre blocs est de 1 m et entre parcelles élémentaires est de 0.2 m.

Les traitements réalisés sont :

- Témoin (+) : (Sol + Terreau)
- T1: Sol + (40% PD+ 40% FV+ 20% ME)
- T2 : Sol + (50% PD+ 50% FV)
- T3 : Sol + (50% PD+50% ME)
- T4 : Sol + (50% FV+50% ME)

La densité de plantation pour chaque espèce végétale est donnée dans l'annexe N° III.

**Tableau 04:** Composition des trous.

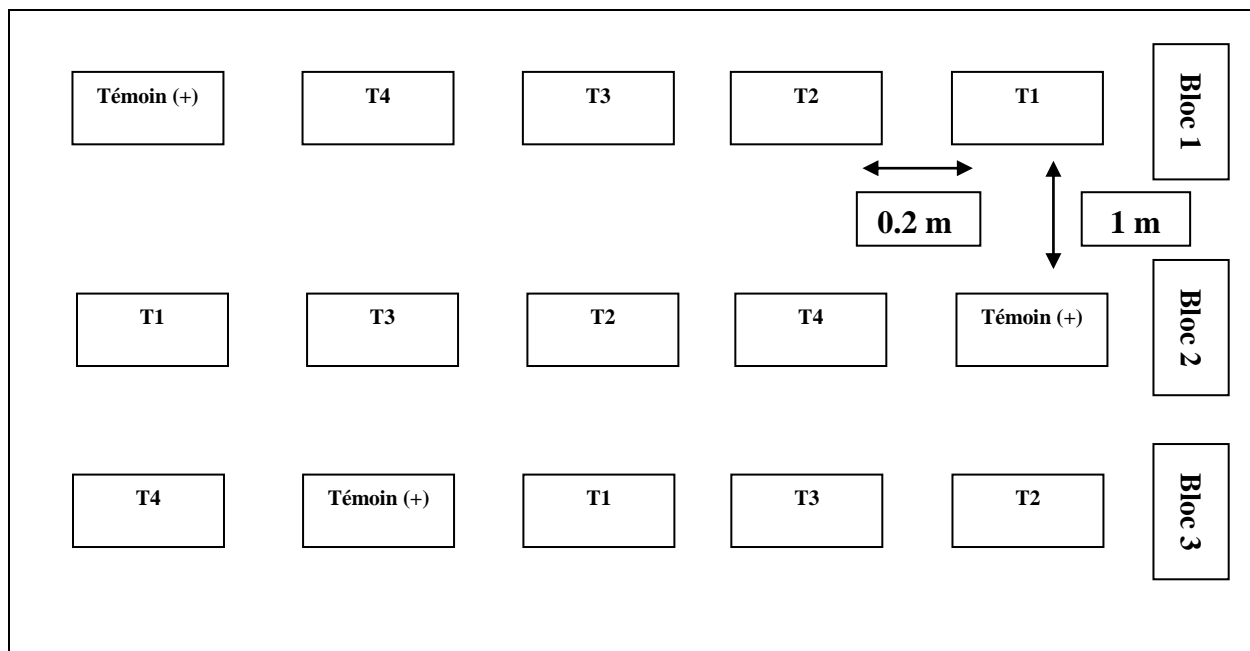
Traitement	Terreau (kg)	Compost (kg)	Nombre des graines
<b>Témoin(+)</b> (Sol+Terreau)	0.72		2
<b>Sol+</b> (Compost 1)		0.72	2
<b>Sol+</b> (compost 2)		0.72	2
<b>Sol+</b> (Compost 3)		0.72	2
<b>Sol+</b> (Compost 4)		0.72	2

*Compost 1 : (40% PD+ 40% FV+ 20% ME)*

*Compost 2 : (50% PD+ 50% FV)*

*Compost 3 : (50% PD+50% ME)*

*Compost 4 : (50% FV+50% ME)*



**Figure 08:** Schéma de dispositif expérimental

## 2.5.6. Paramètres mesurés

### 2.5.6.1. Test de germination

Le taux de germination évalué, en pourcentage, est calculé selon la formule :

$TG (\%) = 100 \times NGG / NGS$  (MAZLIAK, 1982).

- NGG= Nombre de grains germés;
- NGS= Nombre de grains semés.

### **2.5.6.2. Paramètres de croissance végétative**

Les variables mesurées sont : Poids de plant, poids de la partie aérienne, poids de la partie souterraine, hauteur de la partie aérienne, longueur de la partie souterraine, poids de matière sèche aérienne, poids de matière sèche souterraine.

## **2.6. Analyse statistique**

### **2.6.1. Statistiques descriptives**

Cet outil d'analyse généré par un rapport de statistique à une seule variable pour les données contenues dans la plage d'entrée, fournissant ainsi des formations sur la tendance centrale et la dispersion des données (MICROSOFT CORPORATION, 1993 ; DHUNNA & DIXIT, 2010).

Les statistiques descriptives dans notre cas concernent la moyenne, l'écart type, le minimum et le maximum.

### **2.6.2. Analyse de la variance à un facteur**

Nous avons procédé à une analyse de variance à un facteur pour les échantillons du traitement au cours du temps de compostage vis-à-vis de chaque paramètre.

Cette analyse va permettre la mise en évidence de l'existence ou pas des différences entre les moyennes et la signification de ces différences si elles existent.

Les traitements des données obtenues font appel à des approches statistiques. Les résultats obtenus pour chaque paramètre seront interprétés statistiquement. D'après DAGNILLIE (1975), l'analyse de la variance consiste à étudier la comparaison des moyennes à partir de la variabilité des échantillons. Elle permet suivant le niveau de la signification de déterminer l'influence des facteurs étudiés ou des interactions entre les facteurs. La probabilité inférieure à 0,001 donne un effet très hautement significatif, à 0,01 un effet hautement significatif et à 0,05 un effet significatif et pour une probabilité supérieure à 0,05 on considère que l'effet n'est pas significatif.

Les comparaisons multiples sont effectuées en adoptant le test de Tukey (HSD) de la différence franchement significative (Honest Significant Difference). Ce test vise à déterminer quelles sont les paires de moyennes pour lesquelles les différences sont significatives (CADOT, 2010) et permet un bon traitement de tous les problèmes de comparaison par paire (BRETZ et *al.*, 2011). Le test est effectué à un intervalle de confiance de 95%. Le risque de 5% que nous avons choisi est utilisé pour déterminer la valeur critique, qui est comparée à la différence standardisée entre les moyennes ; la différence est significative si la différence standardisée est supérieur à la valeur critique.

Le logiciel utilisé pour les analyses statistiques est le (R.cran) version 4.0.2 (22. 06. 2020)

***DEUXIEME PARTIE***



***RESULTATS &  
DISCUSSIONS***



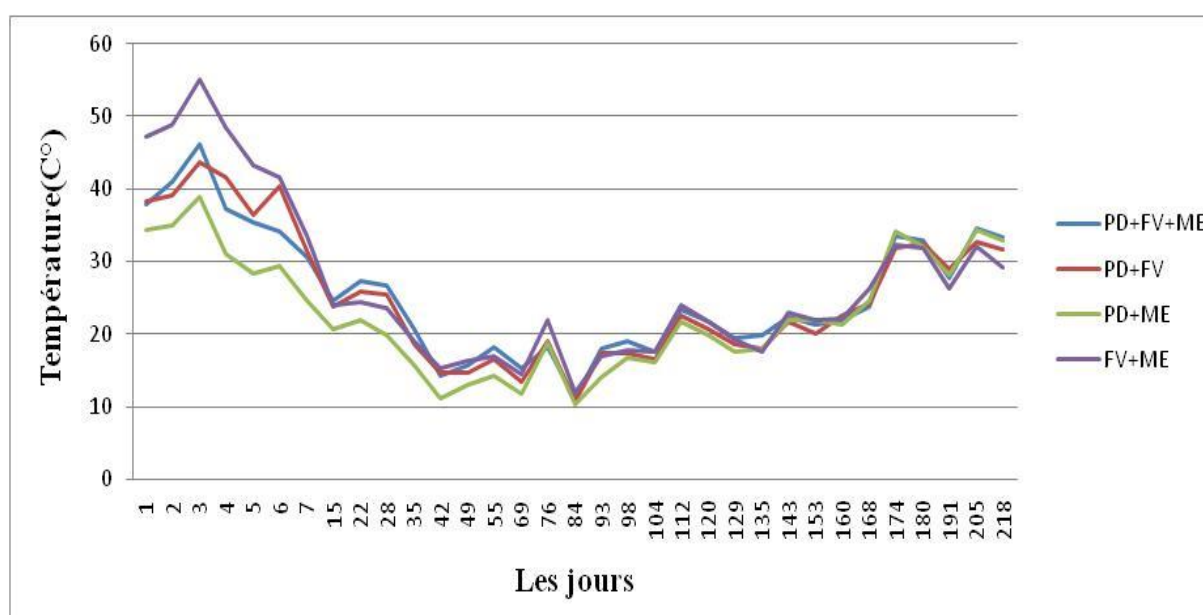
## Chapitre III. Caractérisation des composts étudiés

L'évolution de neuf paramètres : Température, CE, pH, MO, CO, C/N, N, P et K de quatre types de composts (PD+FV+ME ; PD+FV ; PD+ME et FV+ME) a été suivi au cours de sept mois. Les résultats obtenus sont présentés sous forme des courbes et des histogrammes.

### 1. Etude des paramètres physiques

#### 1.1. Evolution de la température au cours du compostage

L'évaluation de la température au cours de compostage est un indicateur du niveau de stabilisation de la matière organique, qui ne nécessite pas de prélèvement de la matière (TREMIER *et al.*, 2007). L'étude de l'évolution de la température au cours du processus de compostage montre que la température de départ est différente selon la composition de chaque mélange (Fig. 9)



**Figure 09.** Courbe de l'évolution de la température des quatre traitements au cours de processus de compostage.

Les températures des 1<sup>ers</sup> jours sont un signe de départ de l'activité biologique de la microflore mésophile, elles correspondent à la phase d'adaptation des micro-organismes au milieu. Au cours de cette phase des températures de l'ordre de 38, 38.2, 34.2 et 47.2 °C ont été enregistrées pour les traitements (PD+FV+ME), (PD+FV), (PD+ME) et (FV+ME) respectivement. Ces températures sont dues à la multiplication des micro-organismes aérobies mésophiles dans chaque traitement et qui sont plus actifs dans les mélanges contenant les fientes de volailles.

Entre le 2<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> jours, on remarque que la température des quatre traitements enregistre une augmentation notable pour atteindre un seuil maximal de l'ordre 55°C obtenue par le traitement (FV+ME). Les autres traitements enregistrent des températures moins élevées de l'ordre de 46.2, 43.6 et 38.8 °C respectivement pour les traitements (PD+FV+ME), (PD+FV) et (PD+ME).

L'élévation de la température au cours de cette phase est le signe du démarrage de la phase thermophile. D'après ZNAÏDI (2002), cette hausse rapide de température pourrait s'expliquer par la richesse des substrats organiques utilisés en composés hydrocarbonés et en éléments nutritifs nécessaires pour la multiplication des microorganismes impliqués dans la biodégradation.

Selon DEVISSCHERS (1997), l'élévation de température au cours de la phase thermophile est due à l'action des micro-organismes qui en oxydant la matière organique des substrats organiques utilisés libèrent l'énergie contenue dans les liaisons chimiques des molécules constitutives. Une partie de cette énergie est récupérée par l'organisme mais une grande part est perdue et dissipée dans l'atmosphère.

Selon MUSTIN (1987), l'énergie libérée sous forme de chaleur par les fermentations à dominance aérobie est à l'origine de l'élévation thermique des masses en compostage, de la destruction des germes pathogènes.

Par ailleurs le retournement des mélanges au cours du compostage participe à l'augmentation de la température grâce à la pénétration de l'oxygène (ZNAÏDI, 2002).

La forte température enregistrée pour le traitement (FV+ME) correspondant au traitement qui contient le pourcentage le plus élevé en FV, peut être expliqué par la richesse de la fiente de volailles en teneur élevée en eau, permettant faciliter la biodégradation de ces substrats par rapport aux autres substrats (OUSTANI et *al.*, 2015), .

Ces résultats sont en concordance avec ceux de CALVET et *al.*, (2011), qui montrent que l'élévation rapide de la température au cours du compostage est liée à la dégradation des matières organiques facilement dégradables (sucres simples, amidon, protéines) par les microorganismes

En revanche, le traitement (PD+ME) a enregistré la température la plus basse. Cette différence pourrait s'expliquer par la richesse de la fiente de volailles en substrats facilement biodégradables par rapport au traitement (PD+ME) qui ne contient que des résidus des végétaux (DELGADO et *al.*, 2012 ; OUSTANI et *al.*, 2015 ; SANCHEZ -GARCIA et *al.*, 2018).

Après le 3<sup>ème</sup> jour, la température commence à décroître pour atteindre au 42<sup>ème</sup> jour de l'essai des températures de l'ordre de 14.4, 14.6, 11 et 15.4 °C respectivement pour (PD+FV+ME), (PD+FV), (PD+ME) et (FV+ME).

Par la suite, la température continue à s'abaisser progressivement jusqu'à un seuil de stabilisation où on a enregistré des températures moyennes proches de celle de l'air ambiant, mais qui restent toujours supérieures à dernier. Cette phase correspond à la phase de maturité du compost.

## 1.2. Evolution de la conductivité électrique (CE)

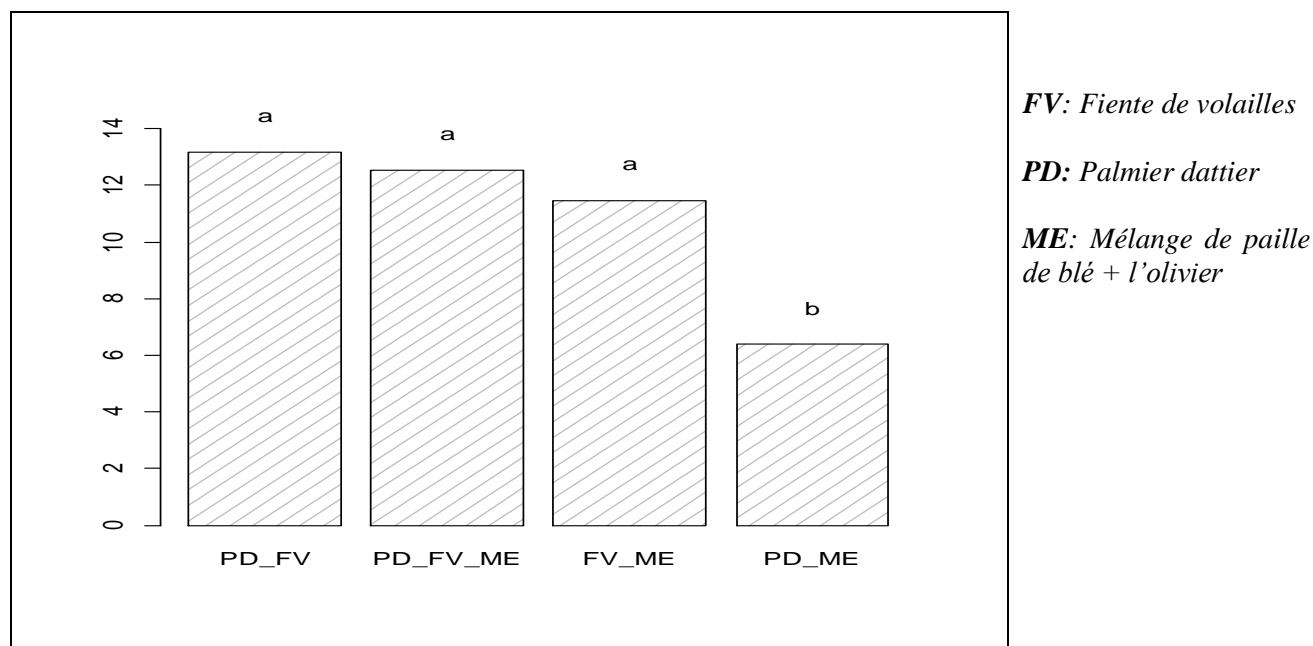
L'analyse statistique a montré des différences très hautement significatives entre les traitements ( $P < 0.001$ ). Le test de classement des moyennes nous a permis d'identifier deux groupes homogènes : le première groupe (a) rassemble les traitements (PD+FV), (PD+FV+ME), (FV+ME) et le deuxième groupe (b) correspond au traitement (PD+ME) (Fig. 10).

Les valeurs moyennes de la conductivité électrique enregistrées sont : 13.17, 12.54, 11.47, 6.41 mS/cm, respectivement pour (PD+FV), (PD+FV+ME), (FV+ME) et (PD+ME) (Annexe II).

Les résultats obtenus montrent que la plus faible conductivité électrique a été enregistrée par le traitement (PD+ ME), ce qui est probablement due à l'absence de la fiente de volailles au niveau de ce traitement.

Selon PETERS *et al.* (2003), le fumier peut avoir des conductivités électriques très élevées dues aux grandes quantités de sels minéraux ajoutés aux rations alimentaires des volailles (AZEEZ *et al.*, 2009).

Les résultats relatifs à la CE montre une certaine variabilité entre les conductivités électriques (CE) des différents traitements, ce qui semble directement liée à la composition initiale de substrats organiques utilisées dans chaque mélange.

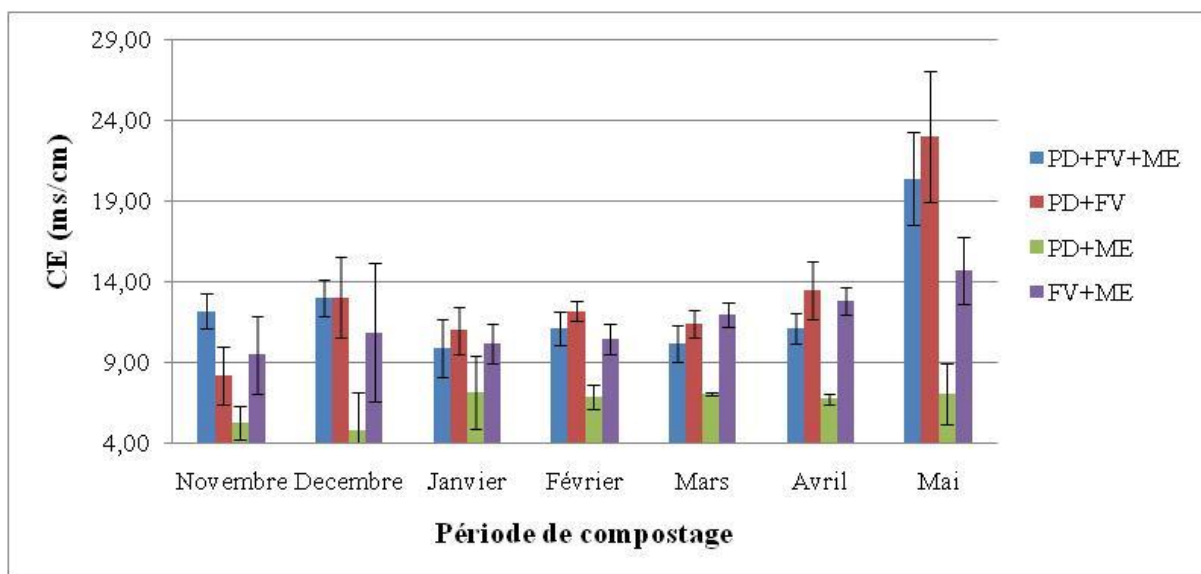


**Figure 10:** Effet de type de traitement sur la conductivité électrique (CE).

Par ailleurs, l'évolution de la conductivité électrique (Fig. 11) montre une tendance d'augmentation de ce paramètre vers la fin de l'essai. Les résultats obtenus au début de compostage sont de ( $12.19 \pm 1.09$  mS/cm), ( $8.18 \pm 1.78$  mS/cm), ( $5.25 \pm 1.03$  mS/cm) et ( $9.47 \pm 2.43$  mS/cm), respectivement pour les quatre traitements (PD+FV+ME), (PD+FV), (PD+ME) et (FV+ME) (Fig. 11).

Au milieu de l'opération (Mois de février), on note une augmentation de la CE au niveau les traitements : (PD+FV :  $12.19 \pm 0.66$  mS/cm), (PD+ME :  $6.85 \pm 0.75$  mS/cm) et (FV+ME :  $10.44 \pm 0.94$  mS/cm). Par contre, une diminution de la CE enregistrée pour le traitement (PD+FV+ME), soit une CE de ( $11.09 \pm 1.01$  mS/cm).

Tandis qu'à la fin de l'essai (Mois de mai), les valeurs de la CE enregistrent des augmentations considérables pour trois traitements seulement (PD+FV+ME), (PD+FV) et (FV+ME), soient des CE de ( $20.39 \pm 2.87$  mS/cm), ( $23 \pm 4.07$  mS/cm) et ( $14.70 \pm 2.06$  mS/cm), alors qu'une légère baisse de ce paramètre a été enregistrée pour le 4<sup>ème</sup> traitement (PD+ME), soit une CE de ( $7.02 \pm 1.87$  mS/cm).



**Figure 11:** Evolution de la conductivité électrique des quatre traitements au cours du compostage.

La conductivité électrique traduit la présence d'ions Ca, Mg, K, Cl, Na, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>, etc. en solution qui influence la conductivité du compost (BEAUCHAMP, 2011 ; SALL, 2014).

L'augmentation des valeurs de la CE au cours du compostage est due à la minéralisation de la matière organique des substrats organiques utilisés, ce qui entraîne une augmentation de la concentration en sels et par conséquent une augmentation de la conductivité (LARBI, 2006).

Ces résultats rejoignent ceux de M'SADAK et *al.*, (2012), qui ont indiqué que la salinité peut augmenter à la fin du compostage, par suite, de la minéralisation des composés organiques et la libération des éléments minéraux.

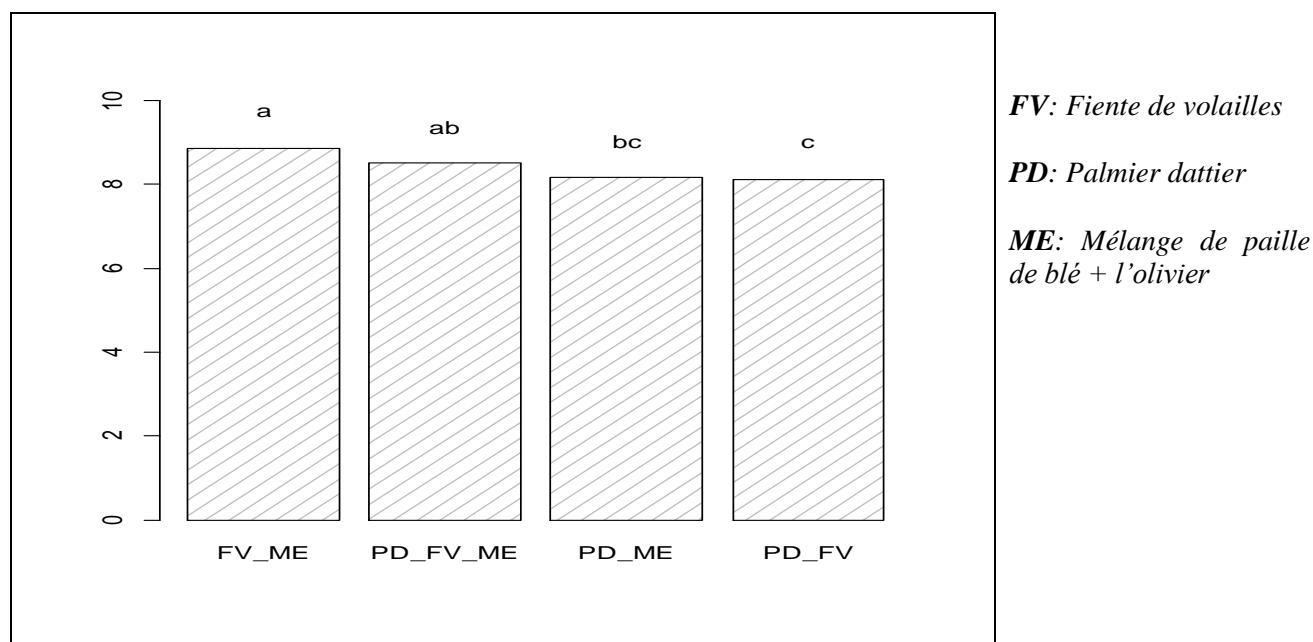
## 2. Etude des paramètres physico-chimiques

### 2.1. Evolution du pH

L'analyse de la variance montre des différences très hautement significatives entre les différents traitements ( $P < 0.001$ ). Le test des groupes homogènes (Tukey HSD) a fait ressortir quatre groupes homogènes. Le premier groupe (a) présenté par le traitement (FV+ME), secondé par le groupe (ab) présenté par le traitement (PD+FV+ME), le troisième groupe (bc) où figure le traitement (PD+FV+ME) et le dernier groupe (c) représenté par le traitement (PD+FV) (Fig. 12).

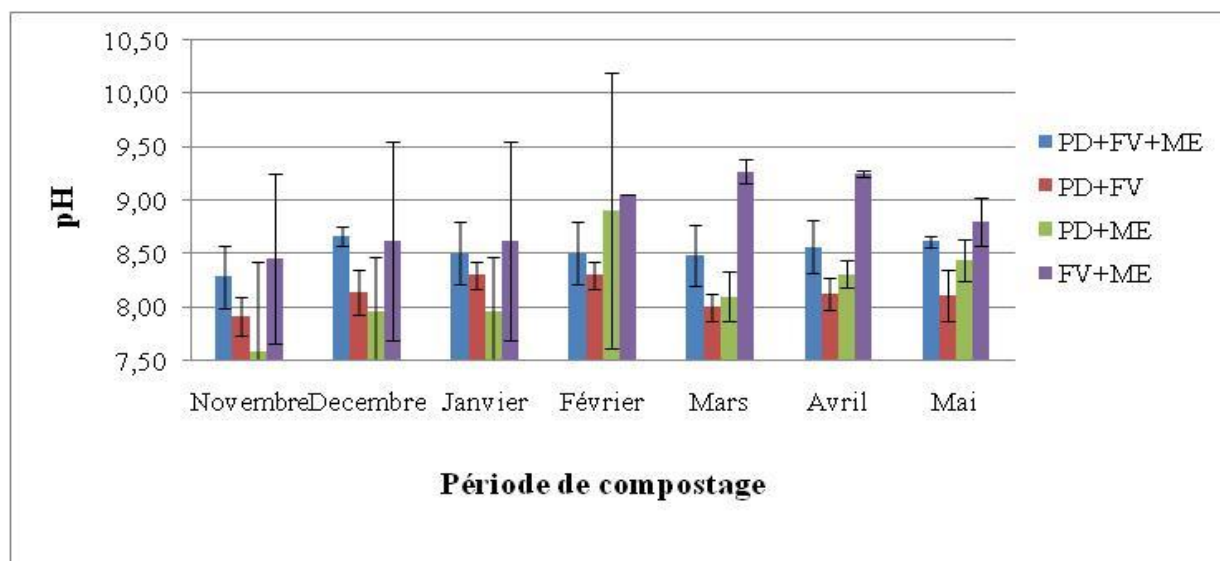
Les valeurs moyennes obtenues sont de 8.87, 8.51, 8.17 et 8.12 respectivement pour (FV+ME), (PD+FV+ME), (PD+ME) et (PD+FV) (Annexe II).

La variation des valeurs de pH entre les différents traitements peut être due à la différence dans leur composition biochimique, de leur acidité initiale et de leur rapport C/N (LARNEY et ANGERS, 2012).



**Figure 12:** Effet de type de traitement sur le pH.

Les valeurs de pH des quatre traitements tendent à augmenter vers la fin de l'essai (Fig. 13). En fait, au début du processus de compostage (Mois de novembre), les valeurs de pH sont de  $(8.28 \pm 0.29)$ ,  $(7.91 \pm 0.18)$ ,  $(7.59 \pm 0.84)$  et  $(8.45 \pm 0.79)$  respectivement pour les quatre traitements (PD+FV+ME), (PD+FV), (PD+ME), (FV+ME). Alors qu'au milieu de l'essai (Mois de février), on note des pH de  $(8.51 \pm 0.29)$ ,  $(8.30 \pm 0.12)$ ,  $(8.90 \pm 1.29)$  et  $(9.06 \pm 0.01)$  respectivement pour les mêmes traitements, pour atteindre à la fin de l'opération (Mois de mai), des valeurs de  $(8.61 \pm 0.05)$ ,  $(8.11 \pm 0.25)$ ,  $(8.44 \pm 0.20)$  et  $(8.8 \pm 0.22)$ .



**Figure 13:** Evolution du pH des quatre traitements au cours du compostage.

Selon Ouatmane et al. (2000), l'augmentation du pH au cours du compostage peut s'expliquer par le processus de l'ammonification et la production ammoniacale à partir de la dégradation des amines (protéines, bases azotées..), et peut être une libération des bases déjà existantes dans les déchets organiques (Beck-Friis et al., 2001 ; Vergnoux et al., 2009).

Le pH se stabilise ensuite, voire diminue un peu, en raison du ralentissement de l'activité biologique et du transfert en phase gazeuse de l'ammoniac (Ben Ayed et al., 2005). La stabilité de l'alcalinité est la conséquence de la présence d'ions  $\text{Ca}^{2+}$  qui augmentent au cours du compostage et qui jouent un rôle de tampon dans le milieu (Juste, 1980 ; Morel et al., 1984).

Selon Sundberg et al. (2004), dans un processus complet et réussi de compostage de biodéchets, le pH augmente pour atteindre des valeurs de 8 à 9. Les pH acides sont caractéristiques des composts immatures alors que les composts mûrs sont caractérisés par des pH compris entre 7 et 9 (Forster et al., 1993).

Toutefois, d'après Bernal et al. (In Amir, 2005), au cours du compostage, le pH peut subir des modifications, soit une acidification par formation de certains acides organiques liés à la dégradation des sucres simples et la production de  $\text{CO}_2$  en début de compostage, soit à une alcalisation par production de l'ammoniaque.

## 2.2. Evolution du matière organique (MO) et carbone organique (CO)

L'analyse de la variance montre que la matière organique et le carbone présentent des variations très hautement significatives entre les différents traitements ( $P < 0.001$ ) (Fig. 14). Le test de (Tukey HSD) a permis de classer les moyennes en trois groupes bien distincts suivant l'ordre croissant : le premier groupe (a) présenté par le traitement (PD+ME) > le groupe (b) présenté à la fois par le traitement (PD+FV+ME) et (PD+FV) > le groupe (c) présenté par le traitement (FV+ME) (Fig. 14).

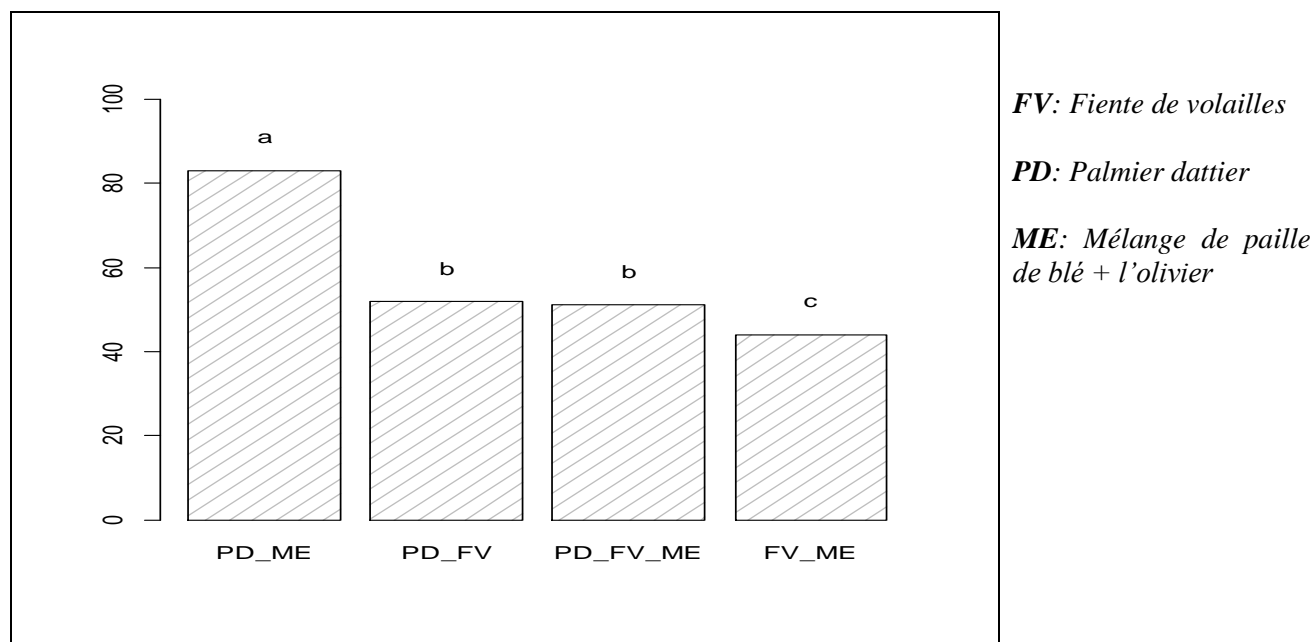
Les valeurs moyennes relatives à la matière organique et au carbone organique respectivement sont : (83.06 et 48.29 %) pour (PD+ME), (52.08 et 30.27 %) pour (PD+FV), (51.16 et 29.74 %) pour (PD+FV+ME) et (43.87 et 25.50 %) pour (FV+ME) (Annexe II).

Il est évident d'après les résultats obtenus, que la valeur moyenne la plus élevée a été enregistrée par le traitement (PD+ME). Cette forte teneur en matière organique au niveau de ce traitement est due à sa nature végétale plus riche en cellulose et en lignine par rapport aux autres types de traitement (AL-BUSAIDI et *al.*, 2014).

En revanche, les valeurs les plus faibles de MO et CO ont été enregistrées par le traitement (FV+ME) en raison de sa forte minéralisation et sa pauvreté en composés ligneux par rapport aux autres mélanges (AZEEZ et VAN AVERBEKE, 2010).

Selon CALVET, (2011) ; LARNEY et ANGERS (2012), les variations de la teneur en MO et en CO sont directement liées à la composition initiale en MO de chaque mélange.

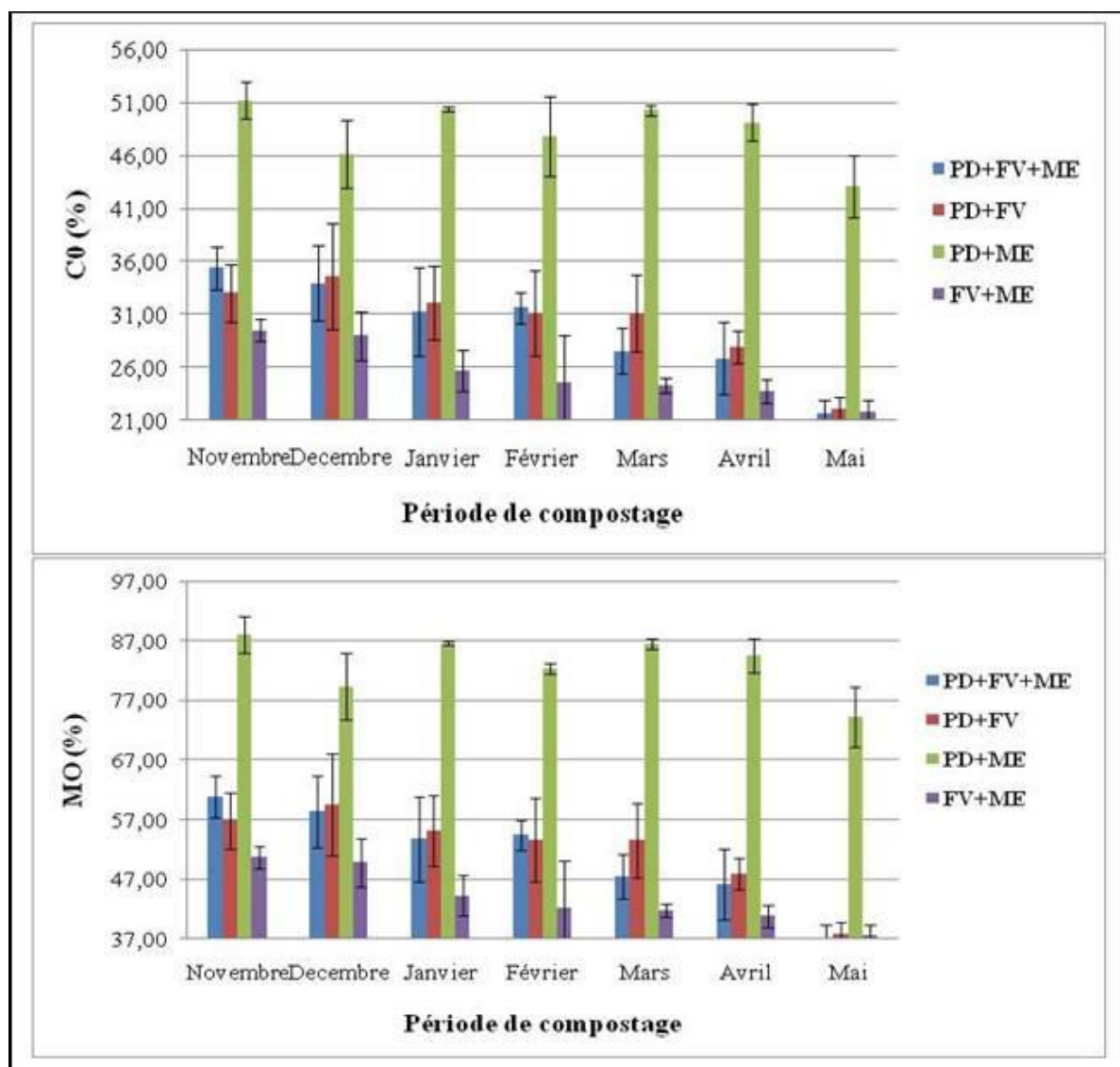




**Figure 14:** Effet de type de traitement sur le CO et la MO.

Concernant l'évolution de ces paramètres au cours du compostage, les valeurs de MO obtenues montrent que les traitements affichent des teneurs de l'ordre de  $(37.1 \pm 2.19 \%)$ ,  $(37.93 \pm 1.90 \%)$ ,  $(74.2 \pm 5.03 \%)$  et  $(37.53 \pm 1.77 \%)$  respectivement pour (PD+FV+ME), (PD+FV), (PD+ME) et (FV+ME) à la fin de l'opération. Et de l'ordre de  $(54.40 \pm 2.50 \%)$ ,  $(53.60 \pm 6.93 \%)$ ,  $(82.27 \pm 0.83 \%)$  et  $(42.27 \pm 7.77 \%)$  respectivement pour (PD+FV+ME), (PD+FV), (PD+ME) et (FV+ME) au milieu de processus. Alors qu'au début, elles ont été de l'ordre de  $(60.87 \pm 3.48 \%)$ ,  $(56.80 \pm 4.61 \%)$ ,  $(88.07 \pm 3.07 \%)$  et  $(50.67 \pm 1.80 \%)$  respectivement pour (PD+FV+ME), (PD+FV), (PD+ME) et (FV+ME) (Fig. 15). Cette tendance d'évolution se traduit par des taux de réductions de 23.77, 18.87, 13.87 et 13.14 % respectivement pour (PD+FV+ME), (PD+FV), (PD+ME) et (FV+ME), entre le mois de mai et le mois de novembre.

Les résultats relatifs aux teneurs de CO au début de compostage sont de  $(35.38 \pm 2.02 \%)$ ,  $(33.02 \pm 2.68 \%)$ ,  $(51.20 \pm 1.77 \%)$  et  $(29.45 \pm 1.05 \%)$ . De l'ordre de  $(31.62 \pm 1.45 \%)$ ,  $(31.16 \pm 4.05 \%)$ ,  $(47.83 \pm 3.79 \%)$  et  $(24.57 \pm 4.52 \%)$  au milieu de processus, respectivement pour (PD+FV+ME), (PD+FV), (PD+ME) et (FV+ME). A la fin de l'opération, ces teneurs subissent des diminutions pour atteindre des teneurs de l'ordre de  $(21.59 \pm 1.27 \%)$ ,  $(22.05 \pm 1.10 \%)$ ,  $(43.14 \pm 2.93 \%)$  et  $(21.82 \pm 1.03 \%)$  (Fig. 15). Cette diminution peut être expliquée par la consommation du carbone par les micro-organismes du compostage, lors de la phase de fermentation aérobie (MUSTIN, 1987).



**Figure 15:** Evolution de la matière organique et du carbone organique des quatre traitements au cours du compostage.

D'après CALVET et *al.* (2011), au cours du compostage, la matière organique subit une diminution de 20 à 40 % par suite de l'activité des microorganismes. Ces derniers utilisent les substances organiques nécessaires à leur métabolisme. Selon DEVISSCHER (1997), la variation de la matière organique du compost est régie essentiellement par les micro-organismes et leurs actions enzymatiques.

### 2.3. Evolution du rapport (C/N)

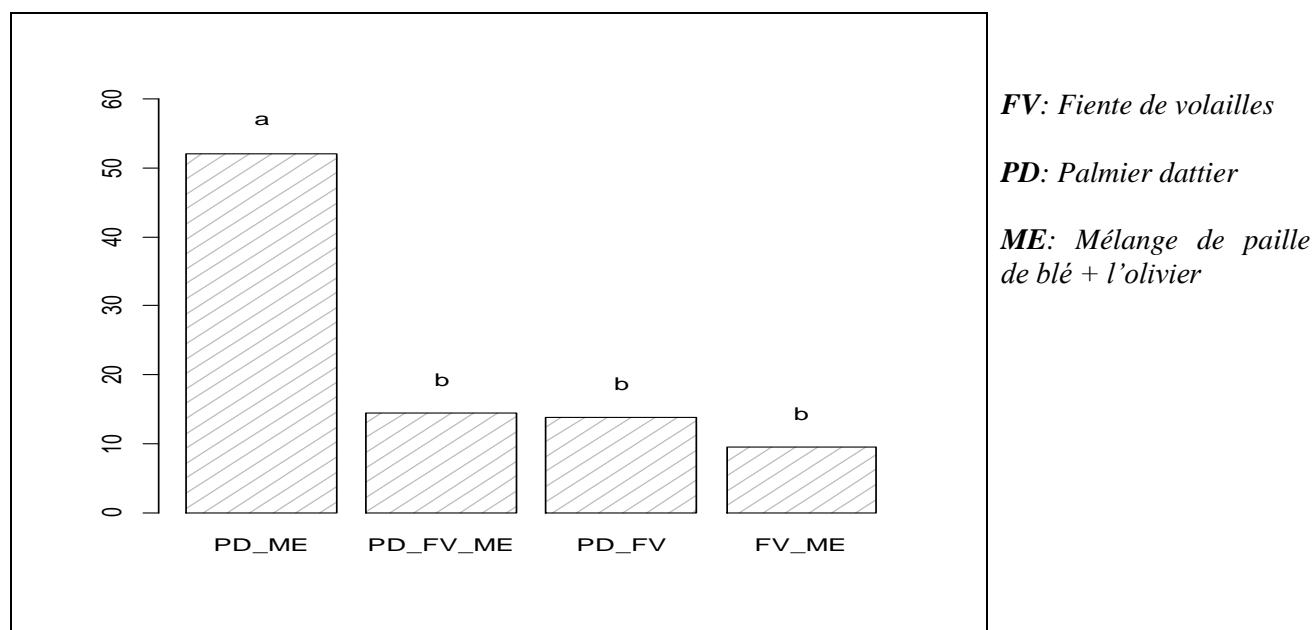
Les valeurs moyennes du rapport C/N présentent des différences très hautement significatives entre les différents traitements ( $P < 0.001$ ) (Fig. 16). Le test de classement des

moyennes a révélé deux groupes homogènes bien distincts : le groupe (a) correspond le traitement (PD+ME) et le groupe (b) regroupe à la fois les traitements (PD+FV+ME), (PD+FV) et (FV+ME).

Les moyennes enregistrées pour ce paramètre sont : 51.99, 14.40, 13.82, 9.55 respectivement pour (PD+ME), (PD+FV+ME), (PD+FV) et (FV+ME) (Annexe II).

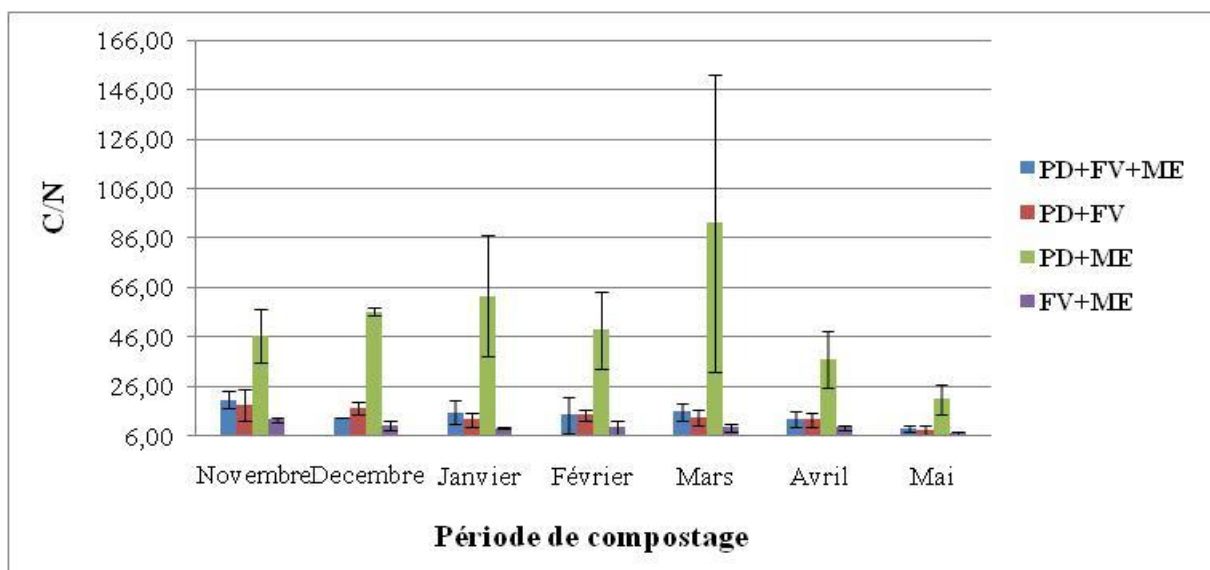
Il est clair d'après ces résultats que le rapport C/N le plus bas a été enregistré par le traitement (FV+ME), ce qui est en relation avec sa teneur élevée en azote. En fait la richesse relative de ce mélange en azote lui permet une meilleure minéralisation par rapport aux autres traitements.

En revanche, le rapport C/N le plus élevé a été enregistré par le traitement (PD+ME). Ce dernier présente une faible sensibilité à la biodégradation à cause de sa nature végétale relativement pauvre en azote. Alors que, ce dernier est nécessaire aux microorganismes de la biodégradation (NADA, 2011).



**Figure 16:** Effet de type de traitement sur le rapport (C/N).

Les résultats relatifs à l'évolution des valeurs de C/N au cours de l'essai montrent que le rapport C/N passe de  $(20.48 \pm 3.42)$  (Mois de novembre) à  $(8.80 \pm 1.27)$  (mois de mai) pour (PD+FV+ME), de  $(18.40 \pm 6.18)$  (Mois de novembre) à  $(8.36 \pm 1.71)$  (Mois de mai) pour (PD+FV), de  $(46.59 \pm 10.78)$  (Mois de novembre) à  $(20.98 \pm 6.04)$  (Mois de mai) pour (PD+ME) et de  $(12.,51 \pm 0.91)$  (Mois de novembre) à  $(6.89 \pm 0.75)$  (Mois de mai) pour (FV+ME) (Fig. 17).



**Figure 17:** Evolution du rapport C/N des quatre traitements au cours du compostage.

L'évolution du rapport C/N des quatre traitements présente la même allure d'évolution que celle de la matière organique et le carbone, avec des rapports maximaux pour tous les traitements au début de compostage et des rapports minimaux à la fin du processus.

Au cours du processus de compostage, le rapport C/N diminue suite à la libération du carbone sous forme de CO<sub>2</sub> (MUSTIN, 1987).

Les faibles valeurs de C/N s'expliquent par la rapide minéralisation de l'azote organique des différents traitements et par conséquent sa disponibilité dans les composts.

La diminution du rapport C/N traduit le degré de maturation des composts (HUANG et al., 2006). Selon KABIL et al. (2016), les rapports C/N élevés correspondent à des composts jeunes (Cas de traitement : PD+ ME).

Selon MUSTIN (1987) ; SAUVESTY et TABI (1995) ; BERNAL et al. (1998). Au cours du compostage, le rapport C/N décroît et se stabilise entre 8/1 et 15/1 dans un compost mur.

Toutefois, CHARNAY (2005) rapporte dans ses travaux qu'un compost mûr se caractérise par un rapport C/N compris entre 10 et 15.

D'après TAHRAOUI (2013), les composts à rapport C/N inférieur à 10 ont été caractérisés comme des composts instables et pauvres en composés humifères

Pour cet auteur, la minéralisation de la matière organique des composts à rapport C/N inférieur à 10 se fera rapidement. Ces composts auront donc tendance à libérer plus rapidement les éléments minéraux comme des engrais de synthèse.

D'après SENECCI (1989) cité par SINGH et *al.*, (2009), la diminution du rapport C/N au dessous de 20, est un indice d'un degré avancé de la stabilisation de la matière organique.

Le rapport C/N relativement élevée enregistré par le traitement (PD+ ME) peut être expliqué par sa richesse en résidus des végétaux difficilement biodégradables. Ce qui en agrément avec NADA (2011), qui rapporte que la décomposition des substrats organiques à C/N élevé est faible lors du compostage.

## **2.4. Evolution des teneurs en azote total, phosphore et potassium**

### **2.4.1. Evolution de l'azote total (N)**

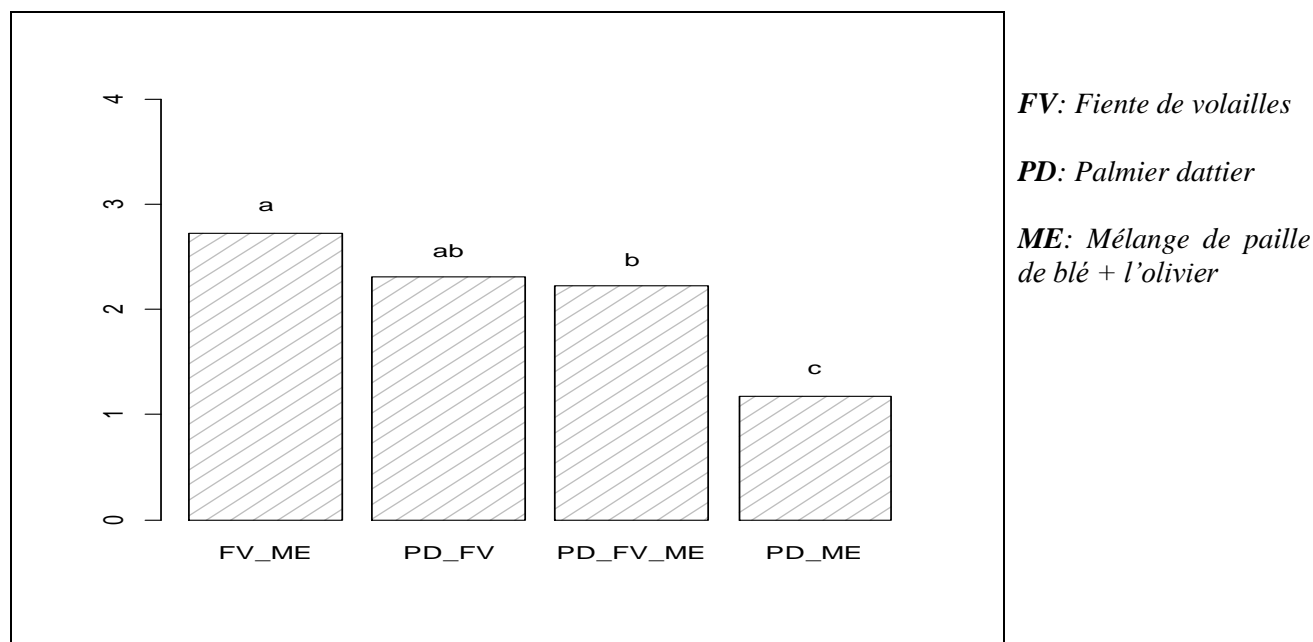
L'analyse de la variance relative à la teneur en azote total a montré des différences très hautement significatives entre les différents traitements ( $P < 0,001$ ) (Fig. 18).

Le test de (Tukey HSD) effectué sur l'évolution de ce paramètre a permis d'identifier quatre groupes homogènes : le premier groupe (a) correspond au traitement (FV+ME), le deuxième groupe (ab) correspond au traitement (PD+FV), le troisième groupe (b) Correspond au traitement (PD+FV+ME) et le quatrième groupe correspond au traitement (PD+ME) (Fig. 18).

Les moyennes obtenues sont dans l'ordre décroissant suivant : 2.72 % (FV+ME) > 2.31 % (PD+FV) > 2.22 % (PD+FV+ME) > 1.17 % (PD+ME) (Annexe II).

En effet, la comparaison entre les différents traitements pour la teneur en azote a révélé que les teneurs les plus élevées ont été enregistrées par les mélanges qui contiennent la fiente de volailles. Ces résultats confirment ceux de OUSTANI (2006) ; DEMIR et *al.*, (2010) ; OUSTANI et *al.*, (2015) ; SANCHEZ -GARCIA et *al.* (2018), qui ont montré que le fumier de volailles est un produit organique très concentré en éléments fertilisants (Azote, Potasse et Phosphore).

Cette variabilité est due à la composition initiale des produits utilisés en azote. GAGNON et SIMARD (1999) ; GOPAL et SHANKAR (2011), ont démontré que la valeur nutritive en azote et en phosphore des composts dépend surtout des sources de matériaux qui constituent les mélanges initiaux.



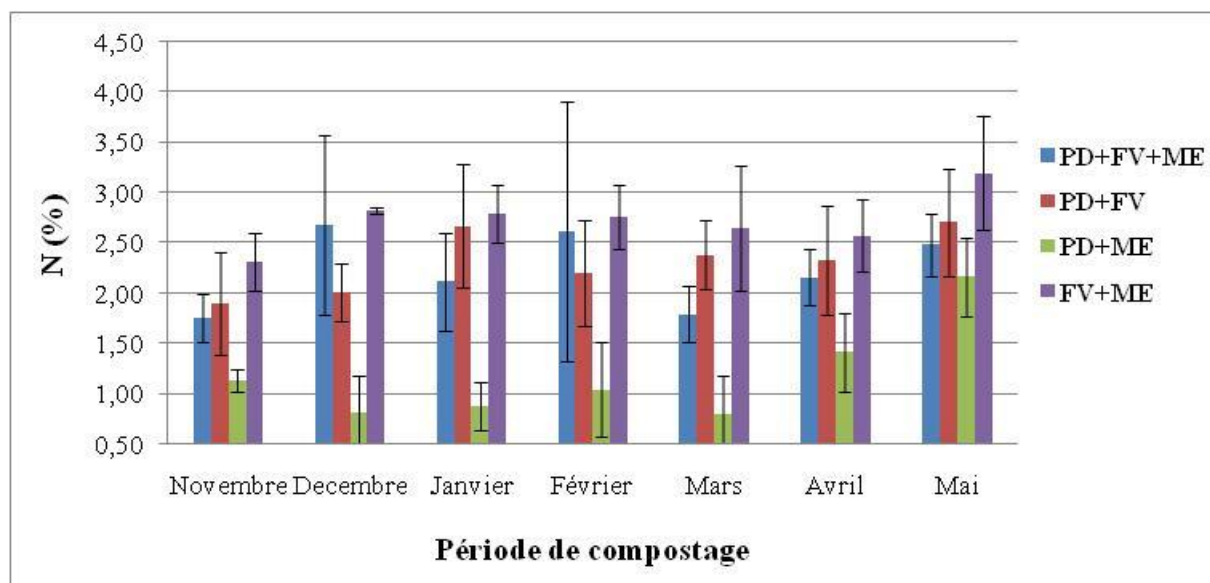
**Figure 18:** Effet de type de traitement sur l'azote total (N).

En ce qui concerne l'évolution de teneur de l'azote total (Fig. 19), les résultats obtenus au début (Mois de novembre), au milieu (Mois de février) et à la fin (Mois de mai) de compostage sont de  $(1.75 \pm 0.24 \%)$ ,  $(2.61 \pm 1.29 \%)$ ,  $(2.48 \pm 0.31 \%)$  pour le traitement (PD+FV+ME) ;  $(1.90 \pm 0.51 \%)$ ,  $(2.20 \pm 0.53 \%)$ ,  $(2.70 \pm 0.53 \%)$  pour le traitement (PD+FV) ;  $(1.13 \pm 0.29 \%)$ ,  $(1.04 \pm 0.3 \%)$ ,  $(2.16 \pm 0.56 \%)$  pour le traitement (PD+ME) et  $(2.31 \pm 0.12 \%)$ ,  $(2.76 \pm 0.47 \%)$ ,  $(3.19 \pm 0.39 \%)$  pour le traitement (FV+ME) respectivement pour les trois périodes de prélèvement.

Ces résultats montrent une augmentation des teneurs en azote total durant le processus de compostage pour tous les traitements.

D'après PENG et *al.* (2013), l'augmentation du pourcentage de l'azote total lors du processus de compostage est due à la dégradation des protéines des matériaux de départ sous l'effet de la chaleur et de l'action des microorganismes. On peut aussi supposer qu'une partie de l'augmentation de l'azote vient des résidus des microbes et des bactéries qui se sont multipliés notamment pendant la première phase du processus du compostage .

D'après MUSTIN, (1987), le compost en maturation est marqué par une augmentation de la concentration en nitrate.



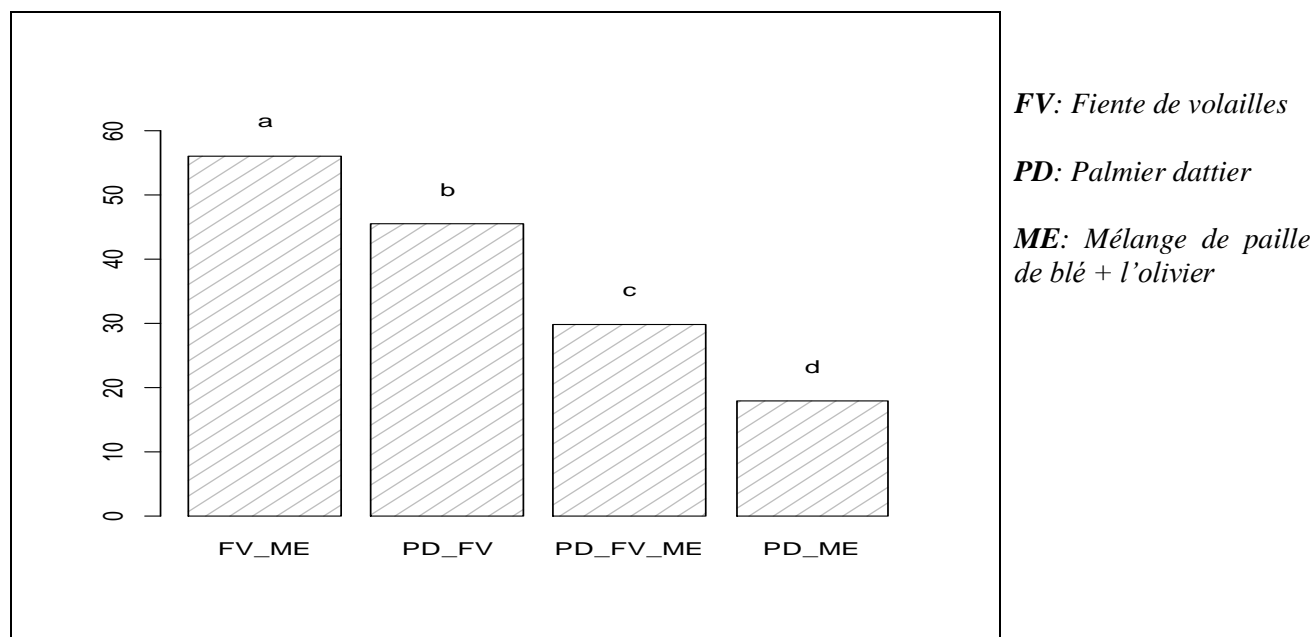
**Figure 19:** Evolution de la teneur de l'azote total des quatre traitements au cours du compostage.

#### 2.4.2. Evolution de phosphore total (P)

Des différences hautement significatives ( $P < 0,001$ ) ont été mises en évidence entre les traitements pour la teneur en phosphore. Le HSD a révélé quatre groupes homogènes bien distincts (Fig. 20): le groupe (a) correspond au traitement (FV+ME), le groupe (b) où figure (PD+FV), le groupe (c) où figure (PD+FV+ME) et le groupe (d) correspond au traitement (PD+ME).

Les valeurs moyennes des teneurs en phosphore obtenues sont de 56.04 mg/l, 45.52 mg/l, 29.77 mg/l et 17.96 mg/l respectivement pour les traitements (FV+ME), (PD+FV), (PD+FV+ME) et (PD+ME) (Annexe II).

Les composts avec la fiente de volailles ont une teneur en phosphore plus élevée que les composts qui ne le contiennent pas.

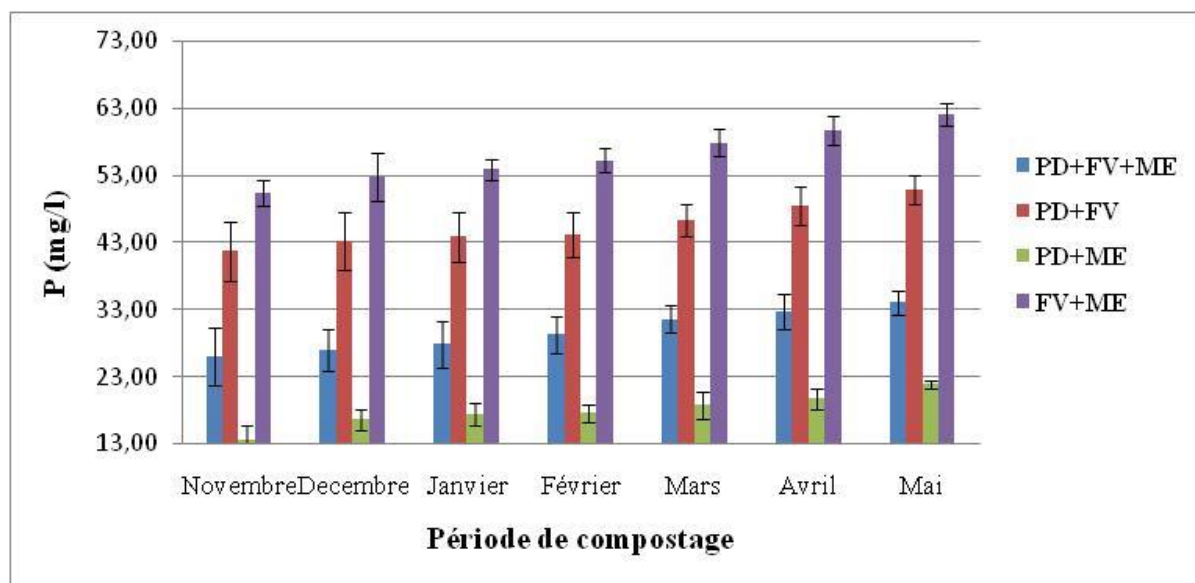


**Figure 20:** Effet de type de traitement sur la teneur en phosphore total (P).

L'examen des résultats relatifs à l'évolution des teneurs en phosphore total au cours du processus de compostage (Fig. 21) indique une augmentation des teneurs de cet élément dans l'ensemble des traitements. Les teneurs enregistrées sont de  $(26.03 \pm 4.21 \text{ mg/l})$  pour (PD+FV+ME), de  $(41.72 \pm 4.37 \text{ mg/l})$  pour (PD+FV), de  $(13.55 \pm 2.12 \text{ mg/l})$  pour (PD+ME) et de  $(50.39 \pm 1.97 \text{ mg/l})$  pour (FV+ME) au mois de novembre. De l'ordre de (PD+FV+ME :  $(29.29 \pm 2.67 \text{ mg/l})$ , (PD+FV :  $(44.16 \pm 3.41 \text{ mg/l})$ ), (PD+ME :  $(17.63 \pm 1.32 \text{ mg/l})$ ) et (FV+ME :  $(55.28 \pm 1.74 \text{ mg/l})$ ) au mois de février. Et de l'ordre de (PD+FV+ME :  $(34.08 \pm 1.76 \text{ mg/l})$ , (PD+FV :  $(50.87 \pm 2.13 \text{ mg/l})$ , (PD+ME :  $(21.89 \pm 0.52 \text{ mg/l})$ ) et (FV+ME :  $(62.16 \pm 1.68 \text{ mg/l})$ ) au fin de compostage (Moi de mai).

D'après CANTIN (1998), la concentration en phosphore total augmente graduellement durant le processus de compostage.





**Figure 21:** Evolution de la teneur de phosphore total des quatre traitements au cours du compostage.

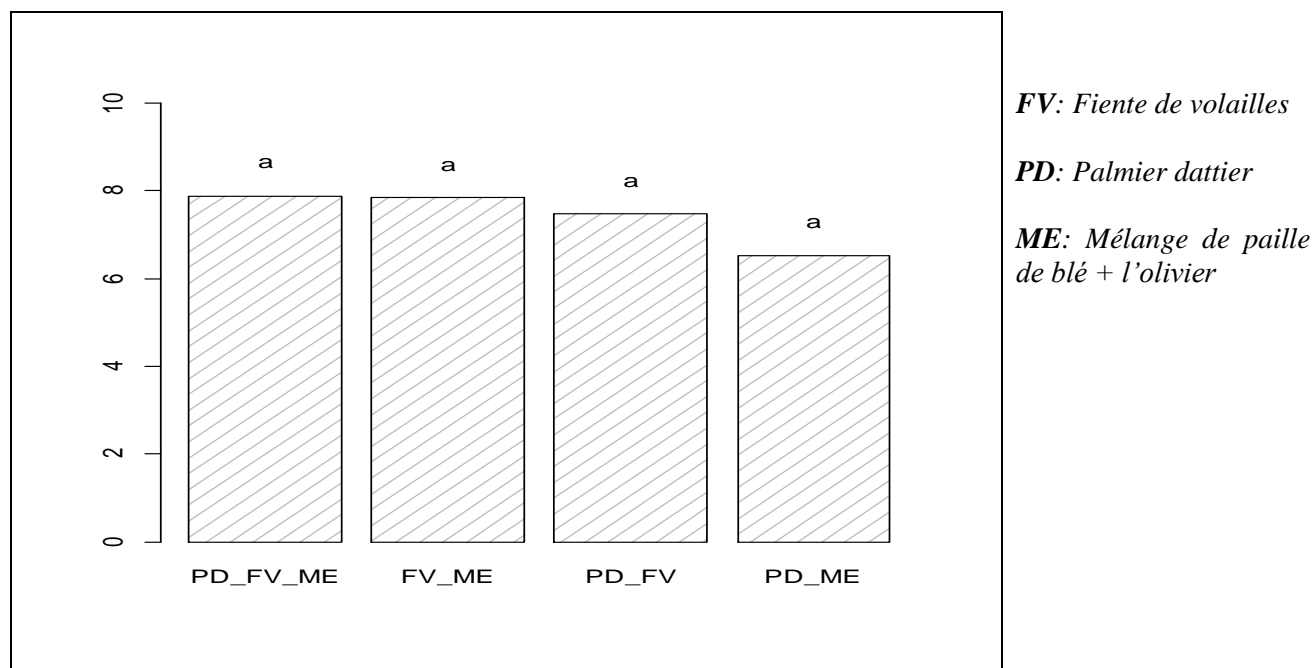
### 2.4.3. Evolution de potassium (K)

L'analyse statistique montre une différence significative entre les traitements pour la teneur en potassium ( $P < 0.05$ ) (Fig. 22). Le test HSD a distingué un seul groupe (a) qui rassemble toute les traitements.

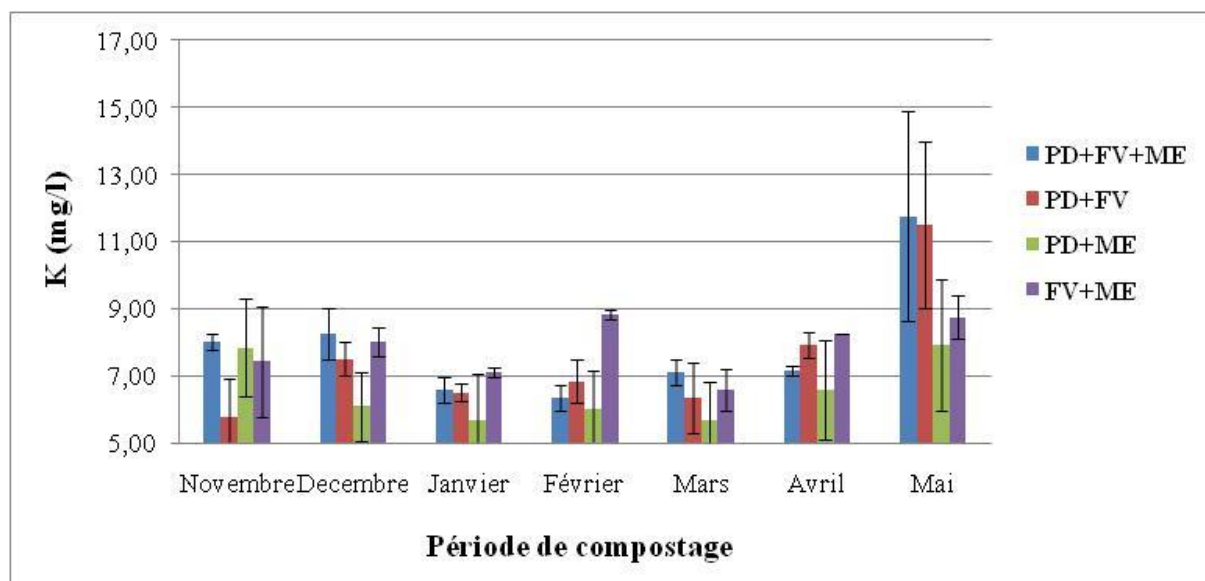
Les valeurs moyennes relatives à la teneur en potassium obtenues sont de 7.88, 7.84, 7.47 et 6.53 mg/l respectivement pour (PD+FV+ME), (FV+ME), (PD+FV) et (PD+ME) (Annexe II).

Par ailleurs, le potassium a démontré la même tendance d'évolution que les deux éléments précédents (azote et phosphore) (Fig. 23).

Les teneurs en potassium enregistrées au début de l'essai sont de  $(8 \pm 0.25 \text{ mg/l})$ ,  $(5.75 \pm 0.15 \text{ mg/l})$ ,  $(7.83 \pm 1.46 \text{ mg/l})$  et  $(7.42 \pm 1.66 \text{ mg/l})$  et de l'ordre de  $(6.33 \pm 0.38 \text{ mg/l})$ ,  $(6.83 \pm 0.63 \text{ mg/l})$ ,  $(6 \pm 1.15 \text{ mg/l})$  et  $(8.83 \pm 0.14 \text{ mg/l})$  au mois de février respectivement pour les traitements (PD+FV+ME), (PD+FV), (PD+ME) et (FV+ME). Tandis qu'à la fin de l'opération (Mois de mai), les valeurs de potassium enregistrent des augmentations considérables pour les quatre traitements (PD+FV+ME), (PD+FV), (PD+ME) et (FV+ME), soient des teneurs en K de  $(11.75 \pm 3.13 \text{ mg/l})$ ,  $(11.50 \pm 2.50 \text{ mg/l})$ ,  $(7.92 \pm 1.94 \text{ mg/l})$  et  $(8.75 \pm 0.66 \text{ mg/l})$  respectivement pour les quatre traitements (Fig. 23).



**Figure 22:** Effet de type de traitement sur le potassium (K).



**Figure 23:** Evolution de la teneur de potassium des quatre traitements au cours du compostage.

Les résultats des teneurs en éléments nutritifs majeurs sont en concordance avec ceux de SAOUDI (2005), qui rapporte que la teneur en azote, phosphore et en potassium augmentent dans les matières organiques compostées.

## Chapitre IV. Valorisation agronomique des composts des traitements adoptés

### 1. Evaluation de la qualité biologique des composts préparés

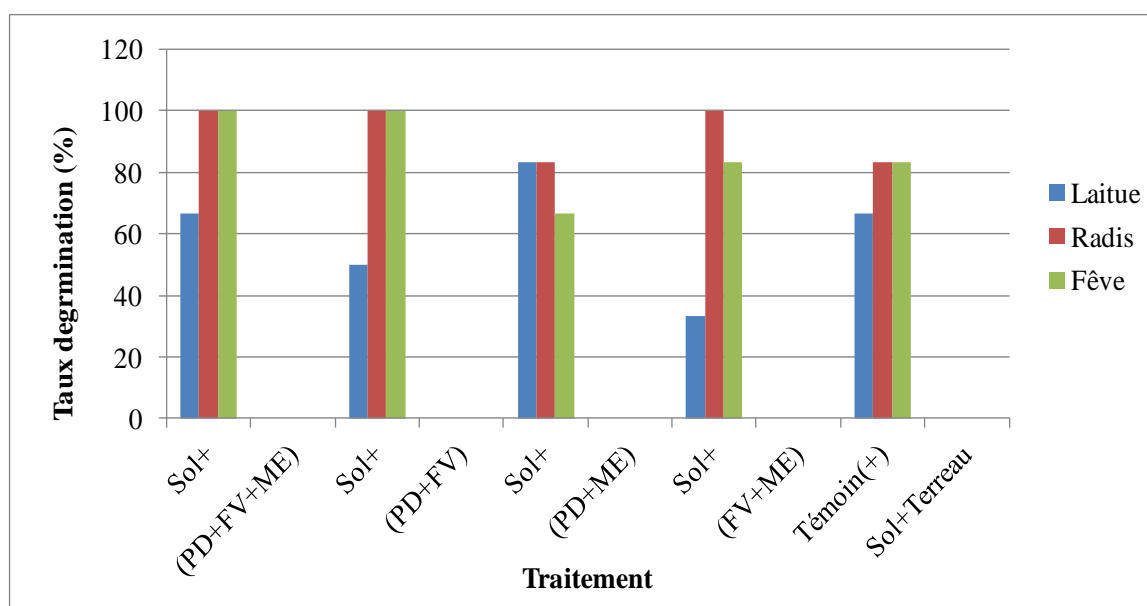
#### 1.1. Test de phytotoxicité

Le test de germination permet d'évaluer la maturité des composts élaborés en jugeant de l'absence de préjudices sur la plante (ATALAESSO, 2017).

Le test de phytotoxicité des quatre composts élaborés a été appliqué sur trois espèces végétales caractérisées par un cycle végétal court (laitue, radis et fève) après avoir enrichi le sol séparément par 2 % de chaque type de compost.

Pour bien tester le degré de maturité de nos produits on a jugé utile d'intégrer un témoin positif présenté par le terreau.

Le test de germination est un moyen d'évaluation de la toxicité liée à l'incorporation des composts immatures dans le sol. Il permet par conséquent, de se rendre compte de la maturité d'un compost. Les résultats des essais de germination sont illustrés dans la Figure 24



**Figure 24.** Taux de germination des plantes en fonction de type de traitement

Les taux de germination des semences des trois espèces végétales traitées séparément par les quatre types de compost préparés montrent que les taux de germination les plus élevés ont été enregistrés dans le cas du radis et de la fève, soient des taux de 100% pour les trois traitements

(PD+FV+ME), (PD+FV) et (FV+ME) pour le radis, et les deux traitements (PD+FV+ME) et (PD+FV) pour la fève.

Les taux d'augmentation de la germination relatifs aux traitements enregistrant un taux de germination de 100% par rapport au témoin (terreau) est de 20 % à la fois pour le radis et la fève.

Alors que, les taux de germination les plus faibles ont été enregistrés dans le cas de la laitue traitée par (PD+FV+ME), (PD+FV) et (FV+ME), soit des taux de germination respectifs de 66.66, 50 et 33.33 %.

Les taux de réduction de la germination dans le cas de la laitue traités par (FV+ME) est de 66.67 et 60 % respectivement par rapport au radis et la fève pour le même traitement.

La culture sur le substrat à base de (PD+ME) a permis d'obtenir un taux de germination de 83.33 % à la fois pour la laitue et le radis, et 66.66 % pour la fève.

Contrairement aux résultats de ces deux espèces végétales, les traitements (FV+ME) et (PD+FV) ont montré des taux de germination relativement faibles pour la laitue.

## Discussion

Le test sur le taux de germination est un test de phytotoxicité. C'est un moyen d'évaluation de la maturité du compost. Les composts immatures présentent des substances empêchant la germination des graines et la croissance des plantes (NANEMA, 2007).

Ainsi, plusieurs études montrent que la stabilisation des composts entraîne une diminution du risque de phytotoxicité (ZUCCONI et *al.*, 1981; de VLEESSCHAUWER et *al.*, 1981 ; NICOLARDOT et *al.*, 1986 ; HELFRICH et *al.*, 1998 ; HARTZ & GIANNINI, 1998 ; ITAVAARA et *al.*, 2002 in FRANCO, 2003). Les méthodes biologiques sont généralement basées sur le fait que les composts immatures ont la propriété d'inhiber la germination et la croissance des végétaux (VANAI, 1995).

La phytotoxicité ou la mauvaise réaction des plantes peut résulter de plusieurs facteurs du manque d'oxygène dû à une forte activité microbienne, l'accumulation de composés toxiques (c'est-à-dire d'acides organiques), l'immobilisation de l'azote avec un rapport C/N élevé, une forte concentration d'ammoniac, et la présence de métaux lourds et de sels minéraux (HIRAI et *al.*, 1986

; IGLESIAS-JIMENEZ & PEREZ-GARCIA ,1989; GARCIA et *al.*, 1992 ; ABAD BERJON et *al.*, 1997 in FRANCO, 2003 ; TIQUIA, 2010).

La plupart de ces facteurs influencent la germination des semences simultanément et il est difficile d'évaluer quel paramètre détermine la plus grande influence.

D'une manière générale, les résultats obtenus montrent que les espèces utilisées ne sont pas influencées de la même manière par les composts élaborés.

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude n'ont montré aucun effet toxique sur la germination des graines de radis et la fève lorsque le sol est traité par (PD+FV+ME) ou par (PD+FV). En fait, des taux de germination de 100% ont été enregistrés en réponse à ces traitements.

Alors qu'un certain effet toxique a été observé dans le cas de la laitue pour les traitements qui contiennent de la fiente de volailles (notamment ceux qui contiennent un pourcentage élevé de ce substrat : 50% de fientes).

Les taux de germination dans le cas de la laitue sont de 66.66, 50 et 33.33%, respectivement pour le traitement (PD+FV+ME), (PD+FV) et (FV+ME).

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par M'SADAK et BEN M'BAREK (2015) qui ont signalé que l'effet dépressif du compost n'est pas lié uniquement aux caractéristiques des composts mais il est aussi en fonction de l'espèce végétale.

Nos résultats sont également en ligne avec ceux de KABIL et *al.*, (2016) qui ont montré que l'impact du compost sur la germination dépend à la fois du compost utilisé et de la nature de l'espèce ou de la variété cultivée

Par ailleurs, WU et MA (2001) rapportent que la variation du taux de germination des graines est en fonction des matériaux utilisés dans la préparation de compost.

Les faibles taux de germination obtenus par les traitements qui contiennent la fiente de volailles dans le cas de la laitue, sont probablement dus à la concentration de l'ammoniac résultant de la biodégradation des composés azotés contenus dans la fiente, ainsi qu'à la forte concentration saline au niveau de ce traitement. Ceci est d'autant plus admis, si en invoquant la sensibilité connue de la laitue vis à vis les agents phytotoxiques.

En fait, la présence de fortes concentrations en substances inhibitrices de la germination (sels et ammoniac) a probablement provoqué une certaine inhibition de la germination des grains de cette espèce végétale.

D'après TANG et *al.*, (2006), l'effet phytotoxique du compost immature est dû, entre autres causes, à l'émission d'ammoniaque. En effet, la présence de l'ammoniaque dans le sol, même en petite quantité, a été décrite comme toxique pour la germination des graines ainsi que pour les racines et pour le développement normal des plantes (JIMENEZ et GARCIA, 1989).

D'après ALBRECHT (2007), des concentrations élevées en sels et la libération d'acides organiques dans les composts sont corrélées à l'inhibition de la germination des graines

Par ailleurs, des taux de germination moins élevés ont été enregistrés par le traitement des trois espèces végétales par le mélange (PD+ME), ce qui peut être lié au rapport C/N relativement plus élevé caractérisant ce traitement. En fait, la richesse du traitement (PD+ME) en résidus des végétaux nous laisse supposer une éventuelle immobilisation de l'azote par les microorganismes du sol.

## **1.2. Effet des composts élaborés sur certains paramètres de la croissance végétale**

### **1.2.1. Effet de type de traitement sur les paramètres de croissance végétative de la fève**

L'effet des différents traitements sur les paramètres de croissance végétative (Poids de la plante, poids de la partie aérienne, poids de la partie souterraine, hauteur de la partie aérienne, longueur de la partie souterraine, poids de la partie aérienne après séchage, poids de la partie souterraine après séchage) est dans l'ensemble non significative ( $P > 0,05$ ) (Annexe. IV). Toutefois, les résultats obtenus indiquent une certaine variabilité entre les traitements.

**Tableau 05 :** Effet de type de traitement sur les paramètres de croissance végétative de la fève

La fève							
Traitement	(PP) (g)	(PPA) (g)	(PPS) (g)	(HPA) (cm)	(LPS) (cm)	(PMSA) (g)	(PMSS) (g)
<b>Sol+ (PD+FV+ME)</b>	433.55	384.25	49.30	96.57	20.9	187.63	23.46
<b>Sol+ (PD+FV)</b>	484.45	433.44	51.01	99.77	21	167.18	23.79
<b>Sol+ (PD+ME)</b>	202.42	166.33	36.09	56.5	15.53	102.67	10.60
<b>Sol+ (FV+ME)</b>	435.61	383.63	51.85	106.2	17.37	180.55	20.81
<b>Témoin Sol+terreau</b>	350.29	300.68	49.61	89.1	25.6	123.81	20.66

*(PP): Poids de plante ; (PPA): poids de partie aérienne ; (PPS): poids de partie souterraine ; (HPA): hauteur de partie aérienne ; (LPS): longueur de partie souterrain ;(PMSA): poids de matière sèche aérienne ; (PMSS): poids de matière sèche souterraine.*

Les résultats mentionnés dans le tableau 5, montrent que le poids le plus élevé a été enregistré par le traitement (PD+FV) avec une moyenne de (484.45 g), alors que, le plus faible poids a été enregistré par le traitement (PD+ME), soit un poids de (202.42 g).

Le poids le plus élevé de la partie aérienne (PPA) a été enregistrée par le traitement (PD+FV) soit (PPA : 433.44 g), alors que le plus faible poids a été enregistrée par le traitement (PD+ME), soit (PPA : 166.33 g).

Tandis que, le poids de la partie souterraine (PPS) le plus élevé a été enregistrée par le traitement (FV+ME), soit (PPS : 51.85 g), alors que, le plus faible poids de la partie souterraine (PPS) a été enregistré par le traitement (PD+ME), soit (PPS : 36.09 g).

La hauteur de la partie aérienne (HPA) le plus élevée a été enregistrée par le traitement (FV+ME), soit (HPA : 106.2 cm), alors que, la hauteur le plus faible a été enregistrée par le traitement (PD+ME) soit (HPA : 56.5 cm).

Quant à la longueur de la partie souterraine (LPS) la plus élevée a été enregistrée par le témoin, soit (LPS : 25.6 cm), alors que, la longueur la plus faible a été enregistrée par le traitement (PD+ME) (LPS : 15.53 cm).

Le poids de matière sèche aérienne (PMSA) le plus élevé a été enregistré par le traitement (PD+FV+ME : 187.63 g), alors que, le poids le plus bas a été enregistré par le traitement (PD+ME : 102.67 g).

En revanche, le poids de matière sèche souterraine (PMSS) le plus élevé a été enregistré par le traitement (PD+FV : 23.79 g), alors que, le poids le plus bas a été enregistré par le traitement (PD+ME : 10.6 g).

Ces résultats montrent que les meilleurs paramètres de la croissance végétative ont été enregistrés par les traitements à base de (PD+FV), (PD+FV+ME) et (FV+ME). Les valeurs relatives à ces traitements dépassent ceux obtenus par le témoin (Terreau).

### 1.2.2. Effet de type de traitement sur les paramètres de croissance végétative de la laitue

L'analyse de la variance n'a montré aucun effet significatif de type de traitement sur les paramètres de la croissance végétative de la laitue ( $P < 0.05$ ) (Annexe. IV). Toutefois, les résultats obtenus indiquent une certaine variabilité entre les traitements.

**Tableau 06 :** Effet de type de traitement sur les paramètres de croissance végétative de la laitue

La laitue							
Traitement	(PP) (g)	(PPA) (g)	(PPS) (g)	(HPA) (cm)	(LPS) (cm)	(PMSA) (g)	(PMSS) (g)
<b>Sol+ (PD+FV+ME)</b>	127.07	108.30	18.77	14.57	10.17	24.06	6.58
<b>Sol+ (PD+FV)</b>	74.59	65.17	9.42	9.7	7.73	16.74	6.67
<b>Sol+ (PD+ME)</b>	86.13	66.4	19.73	16.27	9.5	17.12	4.74
<b>Sol+ (FV+ME)</b>	50	41	9	6.67	3.17	6.69	2.41
<b>Témoin Sol+ terreau</b>	89.99	75.49	14.50	18.3	10	24.27	1.95

(PP): Poids de plante ; (PPA): poids de partie aérienne ; (PPS): poids de partie souterraine ; (HPA): hauteur de partie aérienne ; (LPS): longueur de partie souterraine ; (PMSA): poids de matière sèche aérienne ; (PMSS): poids de matière sèche souterraine.

D'après les résultats présentés dans le tableau 6, le poids de la plante le plus élevé a été enregistré par le traitement (PD+FV+ME), soit de (127.07 g), alors que, le plus faible a été enregistré par le traitement (FV+ME), soit un poids de (50 g).



Le poids de la partie aérienne (PPA) le plus élevé a été enregistré par le traitement (PD+FV+ME), soit (PPA : 108.30 g), alors que, le poids le plus faible a été enregistré par le traitement (FV+ME), soit (PPA : 41 g).

En revanche, le poids de la partie souterraine (PPS) le plus élevé a été enregistré par le traitement (PD+ME : 19.73 g), alors que, le poids le plus bas a été enregistré par le traitement (FV+ME : 9 g).

La hauteur de la partie aérienne (HPA) le plus élevé a été enregistrée par le témoin, soit (HPA : 18.3 cm), alors que, la hauteur la plus faible a été enregistrée par le traitement (FV+ME) soit (HPA : 6.67 cm).

Quant à la longueur de la partie souterraine (LPS) la plus élevée a été enregistrée par le traitement (PD+FV+ME), soit (LPS : 18.3 cm), alors que, la longueur la plus faible a été enregistrée par le traitement (FV+ME), soit (LPS : 3.17 cm).

Le poids de la matière sèche aérienne (PMSA) le plus élevé a été enregistré par le témoin, soit (PMSA : 24.27 g), alors que le poids de la matière sèche aérienne le plus faible valeur a été enregistré par le traitement (FV+ME), soit (PMSA : 6.69 g).

Quant au poids de la matière sèche souterraine (PMSS) le plus élevé a été enregistré par le traitement (PD+FV), soit (PMSS : 6.67 g), alors que, le plus faible de poids de ce paramètre (PMSS) a été enregistré par le témoin, soit (PMSS : 1.95 g).

### **1.2.3. Effet de type de traitement sur les paramètres de croissance végétative du radis**

Les paramètres de croissance végétative étudiés ont enregistré des variations non significatives entre traitements ( $P < 0.05$ ) (Annexe. IV). Bien que, les résultats obtenus indiquent une certaine variabilité entre les traitements.

**Tableau 07:** Effet de type de traitement sur les paramètres de croissance végétative du radis

Le radis							
Traitement	(PP) (g)	(PPA) (g)	(PPS) (g)	(HPA) (cm)	(LPS) (cm)	(PMSA) (g)	(PMSS) (g)
<b>Sol+ (PD+FV+ME)</b>	91.47	18.76	72.72	18.37	15.8	4.10	1.52
<b>Sol+ (PD+FV)</b>	86.51	15.81	70.69	19.83	17.43	4.15	1.34
<b>Sol+ (PD+ME)</b>	55.32	12.15	43.17	14.33	12.83	1.95	0.88
<b>Sol+ (FV+ME)</b>	55.98	8.58	47.40	17.1	14.4	2.93	0.98
<b>Témoin Sol+terreau</b>	104.05	20.84	83.20	21.5	17.17	3.52	1.64

*(PP): Poids de plante ; (PPA): poids de partie aérienne ; (PPS): poids de partie souterraine ; (HPA): hauteur de partie aérienne ; (LPS): longueur de partie souterraine ; (PMSA): poids de matière sèche aérienne ; (PMSS): poids de matière sèche souterraine.*

Les résultats présentés dans le tableau 7, révèlent que la meilleure moyenne du poids de plante a été observée par le témoin (104.05 g), alors que, le plus faible moyenne a été observée par le traitement (PD+ME), soit un poids de (55.32 g).

Le poids de la partie aérienne (PPA) le plus élevé valeur a été enregistré par le témoin, soit (PPA : 20.84 g), alors que, le poids le plus faible a été enregistré par le traitement (FV+ME), soit de (PPA : 8.58 g).

Quant au poids de la partie souterraine (PPS) le plus élevé a été enregistré par le témoin (83.20 g), alors que, le poids le plus bas a été enregistré par le traitement (PD+ME : 43.17 g).

La hauteur de partie aérienne (HPA) le plus élevé a été enregistrée par le témoin (21.5 cm), alors que, la hauteur le plus bas a été enregistré par le traitement (PD+ME : 14.33 cm).

En revanche, la longueur de partie souterraine (LPS) la plus élevée a été enregistrée par le traitement (PD+FV : 17.43 cm), alors que, la longueur la plus basse a été enregistrée par le traitement (PD+ME : 12.83 cm).

Le poids de la matière sèche aérienne (PMSA) le plus élevé a été enregistré par le traitement (PD+FV), soit (PMSA : 4.15 g), alors que, le poids de matière sèche aérienne le plus bas a été enregistré par le traitement (PD+ME : 1.95 g).

Le poids de la matière sèche souterraine le plus élevé (PMSS) a été enregistré par le témoin (1.64 g), alors que, le poids le plus bas a été enregistré par le traitement (PD+ME), soit (PMSS : 0.88 g).

## Discussion

L'effet positif du compost sur la croissance végétale est dû principalement à l'amélioration de la qualité physicochimique et biologique du sol, du rythme de diffusion des nutriments et la capacité de rétention d'eau. Les végétaux plantés dans un milieu de croissance contenant du compost sont plus forts et ont un meilleur rendement.

Selon GNAKAMBARY *et al.*, (2008) ; KABORE, (2004), l'apport de la fumure organique entraîne une augmentation de la croissance et améliore le rendement des cultures. Le compost ajoute non seulement de la matière organique au sol mais aussi des éléments traces tels que le fer, le manganèse, le cuivre, le zinc, et le bore nécessaires à la croissance des végétaux (DUPLESSIS, 2002).

Le compost introduit dans le sol joue un double rôle : amendement, car il renferme des composés organiques précurseurs de l'humus et engrais, par sa teneur en éléments fertilisants (Gobat *et al.*, (2003) ; SOUDI, (2001)) cité par NANEMA, (2007).

Les essais d'incorporation des différents composts dans le substrat de culture de la fève, de radis et de la laitue ont induit une amélioration des paramètres de croissance végétative de ces plantes, notamment pour les traitements qui contiennent la fiente de volailles. Cet effet améliorant est lié à la concentration de ce type de substrat en éléments fertilisants (macro et macroéléments) comme, il a été déjà signalé pour le test de germination.

Les résultats obtenus pour ces deux espèces sont en accord avec les travaux de GAMLIEL et STAPLETON (1993) sur la laitue et d'ABBASI *et al.*, (2002) sur la tomate. Ces auteurs montrent que des effets améliorants des composts incorporés au sol sur la croissance des plantes.

Le compost peut affecter la libération des éléments nutritifs aux plantes directement, par ses propres éléments nutritifs ou indirectement par son effet sur la CEC (EPSTEIN *et al.*, 1976).

Ces résultats sont conformes à ceux de KEÏTA, (1985) cités par NGAORDOUM, (2007) qui a démontré que les apports de compost avaient des effets favorables sur la production de biomasse sèche de maïs par rapport au témoin.

En revanche, une certaine inhibition de la croissance a été enregistrée dans le cas de la plante de radis en réponse à l'enrichissement par les différents traitements. Ce qui est probablement dû à l'augmentation de la salinité dans le substrat de culture.

STAMATIADIS et *al.*, (1999), ont montré que l'augmentation du taux de salinité pourrait limiter l'utilisation du compost. La faible tolérance à la plante de radis à la salinité est probablement à l'origine de ce retard de croissance observé pour cette espèce végétale.

***CONCLUSION***

## Conclusion

Le compostage est un procédé prometteur de valorisation de déchets puisqu'il permet d'obtenir, à partir de déchets organiques, un produit stable, hygiénisé et pouvant être utilisé comme amendement agricole.

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation des résidus oasiens (résidus de palmier dattier, résidus d'olivier et paille), aux quels sont ajoutés des déchets d'origine animale présenté dans notre cas par la fiente de volailles à différentes proportions, et ceci afin de déterminer le meilleur mélange permettant d'avoir un produit stable hygiénisé répondant aux critères d'un bon compost à haute valeur agronomique et protégeant la qualité de l'environnement.

Ainsi, l'étude s'est porté sur le suivi de l'évolution de certains paramètres physiques, physico-chimiques, teneurs en éléments nutritifs majeurs, ainsi que l'évaluation de degré de maturité de différents types de composts issues de mélanges de déchets de palmerais et de la fiente de volailles.

Les résultats obtenus après 07 mois d'expérimentation, nous permettent d'enregistrer un certain nombre d'informations :

Pour le suivi thermique, a permis de différencier les quatre phases de routines relatives à l'évolution de compostage. La température la plus élevée a été enregistrée par le traitement (FV+ME) au cours de la phase thermophile, soit (55°C), alors que la plus faible a été enregistrée par le traitement (PD+ME) qui contient exclusivement des déchets des végétaux.

Une baisse brutale de la température a été enregistrée à la fin de l'opération pendant la phase de maturité avec une valeur moyenne de l'ordre de 30 °C pour l'ensemble des traitements. Ceci montre clairement que le niveau thermique létal vis à vis la microflore pathogène a été atteint pour l'ensemble des traitements contenant la fiente de volailles.

Concernant, le suivi des paramètres physicochimiques, les résultats obtenus montrent que les valeurs de pH des différents traitements illustrent une tendance d'alcalinisation à la fin de l'essai.

Quant à la CE, les valeurs enregistrées montrent une augmentation à la fin de processus de compostage, par la suite de la concentration d'éléments minéraux dans les produits finaux.

Par ailleurs, des réductions significatives dans les teneurs en MO, C et C/N ont été observées à la fin du processus de compostage sont le signe d'une intense biodégradation qui s'est produite sur les différentes matières organiques compostées.

Le rapport C/N enregistré à la fin de l'opération pour l'ensemble de traitements est conforme avec le rapport du compost de bonne qualité.

Quant à la teneur en éléments nutritifs majeurs (N, P, K), les résultats obtenus montrent la concentration de ces éléments à la fin de l'essai pour l'ensemble des traitements, à part le traitement (PD+ME) qui ne contient que des résidus des végétaux. Ce qui peut être expliqué par la faible biodégradation des matières organiques au niveau de ce traitement.

D'après les résultats de tests de phytotoxicité, qui a mené sur la culture de laitue, de radis et de fève révèle que l'enrichissement du sol par 2% du compost au sol permet un taux de germination allant de 90% à 100% pour les composts à base de (PD+FV+ME), (PD+FV) et (FV+ME), en revanche de faibles taux de germination ont été signalés avec le traitement (PD+ME) pour les trois plants testés (moins de 90%). Par ailleurs, un effet inhibiteur de la germination a été observé chez la laitue traité par (FV+ME).

Cette étude a permis de mettre en évidence un effet favorable des composts étudiés sur la croissance de l'ensemble des paramètres de croissance végétative des plantes testés, quoique les croissances maximales ont été obtenus chez les traitements qui contiennent la fiente de volailles (PD+FV+ME, PD+FV et FV+ME).

À la lumière de l'ensemble des résultats obtenus, on peut conclure que les traitements qui contiennent la fiente de volailles (PD+FV+ME, PD+FV et FV+ME), répondent le plus à la qualité de bon compost en raison de sa richesse en N, P et K et de sa bonne biodégradation par rapport au traitement contenant seulement les déchets de végétaux.

Enfin, l'ensemble des résultats obtenus au cours de cette étude, on peut conclure que le recyclage des déchets organiques dans les zone arides par la technique de compostage, peut augmenter le statut organique du sol, et de préserver la qualité de l'environnement sur ses triple composantes : Sol, air et eau.

### **Limites et perspectives de recherches de cette étude**

Les résultats obtenus à l'issue de cette étude sont très intéressants et encourageants notamment dans le domaine de valorisation des déchets oasiens comme amendement organique paraît une thématique d'actualité, par la suite de rares travaux abordant ce sujet dans le contexte saharien.

Néanmoins, cette étude présente certaines limites permettant de proposer des perspectives à ce travail :

- les résultats obtenus de notre travail ont s'intéressé seulement à l'évolution des paramètres physicochimiques, alors que l'évolution des paramètres microbiologiques (Microflore pathogène et celle intégrée dans la biodégradation des MO) n'ont été pas abordé.
- Notre étude a été orientée beaucoup plus sur l'effet du compost sur la faculté germinative et sur certains paramètres de la croissance végétation des plantes, alors que les effets sur l'ensemble des propriétés physico-chimiques du sol et sur d'état nutritionnel et la physiologie de la plante n'ont été pas traités.

De ce faite, il est intéressant d'entamer de prochains travaux sur le même sujet, ce nous permettent d'obtenir des résultats complémentaires à cette thématique.

Enfin, les résultats obtenus lors de cette recherche font émerger de nouvelles interrogations et réflexions. Il serait par exemple intéressant de penser à l'intégration d'une unité de compostage au niveau de chaque palmeraie, ce qui permet à long terme d'assurer une agriculture saharienne biologique sur le plan social, économique et environnemental.



*REFERENCES*  
*BIBLIOGRAPHIQUES*

## Références bibliographiques

- A.N.R.H., 2011.** Inventaire Des Forages D'eau Et Enquête Sur Les Débits Extraits De La Wilaya De Ghardaïa ; Agence Nationale des Ressources Hydrauliques ; 15 p.
- ABBASI P A., AL-DAHMANI J., SAHIN F., HOITINK H.A.J. & MILLER S.A., 2002.** Effect of compost amendments on disease severity and yield of tomato in conventional and organic production systems. *Plant Disease*, 86 p. 156-161.
- ALBALADEJO J., CASTILLO V. & DIAZ E., 2000.** Soil loss and runoff on semiarid land as amended with urban solid refuse. *Land Degradation & Development*, 11(4), 363-373.
- ALBRECHT R., 2007.** Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique. Thèse de doctorat, Université Paul Cezanne Aix-Marseille III, 189 p.
- ALBURQUERQUE J.A., GONZALVEZ J., GARCIA D. & CEGERRA J., 2006.** Measuring detoxification and maturity in compost made from « alpercijo », the solid by-product of extracting olive oil by the two-phase centrifugation system, *Chemosphere*, Vol. 64, Issue 3, 470-477.
- AL-BUSAIDI K. T., BUERKERT A., & JOERGENSEN R. G., 2014.** Carbon and nitrogen mineralization at different salinity levels in Omani low organic matter soils. *Journal of Arid Environments*. 100, 106- 110.
- AMIR S., 2005.** Contribution a la valorisation de boues de stations D'épuration par compostage : devenir des micropolluants Métalliques et organiques et bilan humique du compost. Formation doctorale : Sciences Agronomiques. p:11,13, 312.
- AMMARI Y., LAMHAMEDI M.S., AKRIMI N. & EL ABIDINE A.Z., 2006.** Qualités physiologiques de jeunes plants de Pin d'Alep élevés en pépinière moderne sur différents substrats à base de compost, *Rev. Geo-Eco-Trop*, Vol.30, N°1, 11-24.
- AOUN J. & BOUAOUN D., 2008.** Etude des caractéristiques physico-chimiques et contribution à la valorisation agronomique du compost des ordures ménagères, déchets - revue francophone d'écologie industrielle - n° 50.
- ATALAESO B., OUTENDE T., LANKONDJOA K., KOKOU A., AMOUZOUVI A., EDEM KOLEDZI, KOFFI TOZO & GADO TCHANGBEDJI., 2017.** Traitement de déchets ménagers par co-compostage avec la légumineuse *Cassia occidentalis* L. et quelques adjuvants de proximité pour améliorer la qualité agronomique de composts. *Déchets Sciences et Techniques* - N°73 .3551.
- AZEEZ J. O. & VAN AVERBEKE W., 2010.** Nitrogen mineralization potential of three animal manures applied on a sandy clay loam soil. *Bioresource technology*, 101(14), 5645-5651.

- BEAUCHAMP C.J., 2011.** Le compostage et son compost en agriculture biologique ENV- 2900 Z1; Notes de cours, Université Laval, Sainte-Foy, Québec.
- BECK-FRIIS B., SMARS S., JONSSON H. & KIRCHMANN H., 2001.** SE-structures and environment,gaseous emissions of carbon dioxide, ammonia and nitrous oxide from organic household waste in a compost reactor under different temperature régimes. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 78, 423-430.
- BEN AYED A., HASSEN N., JEDIDI N., SAIDI O., BOUZAIANE & MURANO F., 2005.** Caractérisation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours d'un cycle de compostage d'ordures ménagères, *Déchets sciences et techniques*, N°40, 2005, p. 4-11
- BERNAL M.P., PAREDES C., SANCHEZ-MONEDERO M.A. & CEGARRA J., 1998.** Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes, *Bioresource Technol.*, Vol. 63, Issue 1, 91-99.
- BOUHAOUACH H., CULOT M. & KOUKI K., 2009.** Compostage et valorisation des déchets oasiens pour l'amélioration des sols et de la productivité. *Symposium International «Agriculture durable en région méditerranéenne (AGDUMED)»* Rabat, Maroc, pp 235- 240.
- BRESSON L. M., KOCH C., LE BISSONNAIS Y., BARRIUSO E. & LECOMTE V., 2001.** Soil surface structure stabilization by municipal waste compost application. *Soil Science Society of America Journal*65, 1804-1811.
- BRETZ F., HOTHORN T. & WESTFALI P., 2011.** Multiple comparisons using R. Edition Taylor and Francis Group, LLC, Boca Raton, U.S.A., 182p.
- C.C.F.A., 1960.** Atlas régional des départements sahariens. Commandement en Chef des Forces en Algérie, Antenne de documentation géographique, 243 p.
- CADOT Y., 2010.** Influence de la date de vendange sur les composés phénoliques de la baie de raisin ; conséquences pour la typicité du vin, France. Thèse de doctorat, centre international d'études supérieures en sciences agronomiques, Montpellier, France, 269 pp.
- CALVET R., CHENU C. & HOUOT S., 2011.** Les matières organiques des sols – Rôles agronomiques et environnementaux, Éditions France Agricole. 347p.
- CAMARERO SIMON A., 1997.** The influence of solid Urban Waste compost and nitrogen – mineral fertilizer on growth and productivity in Potatoes. *Commun. Soil Sci . Plant Anal.*, 28:1653-1661.
- CANTIN S., 1998.** Caractérisation de l'évolution de composts et de lixiviats : relations avec le processus de compostage et la qualité des eaux. Mémoire de maîtrise de l'Université du Québec. INRS EAU. Québec. 184p.

- CAPOTREY R., 1953.** Le Sahara Français. Série géographie de l'union française. Presses Universitaires de France. p564.
- CARTER M.R., 1993.** Soil sampling and methods of analysis . Can. Soc. Soil sci. Ottawa. Ontario. CANADA. Lewis Publieshers. 507 - 511.
- CASTALDI P., GARAU G. & MELIS P., 2007.** Maturity assessments of compost from municipal solid waste through the study of enzyme activities and water-soluble fractions. *Waste management*, doi: 10.1016/j.wastman.2007.02.002.
- CAUNEILLE A., 1968.** Les Chaâmba, leur nomadisme. Edition du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris France. p317.
- CHAKROUNE K., BOUAKKA M. & HAKKOU A., 2005.** Incidence de l'aération sur le traitement par compostage des sous-produits du palmier dattier contaminés par *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. *Can. J. Microbiol*, 51: 69-77.
- CHARNAY F., 2005.** Compostage des déchets urbains dans les Pays en Développement. Elaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, 277p.
- CHEHMA A., 2005.** Etude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara Septentrional Algérien. Cas des régions d'Ouargla et de Ghardaïa. Thèse de Doctorat en Biologie, Option Biologie Appliquée. Université d'Annaba, Département de Biologie. 178 pages.
- CHIKAE M., KERMAN K., NAGATANI N., TAKAMURA Y. & TAMIYA E., 2007.** An electrochemical on-field sensor system for the detection of compost maturity. *Analytica Chimica Acta*, 581, pp: 364-369. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.08.030>
- COMPAORE E., NANEMA L. S., BONKOUNGOU S. & SEDOGO M. P., 2010.** Évaluation de la qualité de composts de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso pour une utilisation efficiente en agriculture. *Journal of Applied Biosciences*, (.J. Appl. Biosci.) 33: 2076-2083. *compost. Biocycle* 22: 54–57.
- D.F.W.G., 2014.** Annuaire statistique de wilaya de Ghardaïa 2014. Direction de forêt de wilaya de Ghardaïa.
- D.P.A.T., 2014.** Atlas de la Wilaya de Ghardaïa. Ed. El-Alamia, p140. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire de la wilaya de Ghardaïa .Monographie La Wilaya De Ghardaïa.
- D.S.A, 2005.** rapport sur oued Metlili wilaya de Ghardaïa.
- DAGNILLIE P., 1975.** Théorie et méthodes statistiques : applications agronomiques volume 2 : les méthodes de l'inférence statistiques. Edition des presses agronomique de Gembloux, Belgique, 464 p.

- DAHOU F., 2014.** Etude des sols alluvionnaires d'Oued Metlili. Mémoire d'ingénieur d'état en Agronomie saharienne, Université d'ouargla, 58 p.
- DAMIEN A., 2006.** Guide de traitement de déchets. Ed 5, Paris, 547p.
- DAOUD Y. & HALITIM A., 1994.** Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. *Sécheresse*, 5, 3, pp. 151-160.
- DELGADO M., RODRIGUEZ C., MARTIN J. V., DE IMPERIAL R. M. & ALONSO F., 2012.** Environmental assay on the effect of poultry manure application on soil organisms in agroecosystems. *Science of the total environment*, 416, 532-535
- DEMIR K., SAHIN O., KADIOGLU Y. K., PILBEAM D. J. & GUNES A., 2010.** Essential and nonessential element composition of tomato plants fertilized with poultry manure. *Scientia horticultrae*, 127(1), 16-22.
- DEVISSCHER S., 1997.** Le compost. Mémoire D.E.S.S., université Picardie. p: 60.
- DHUNNA M. & DIXIT J.B., 2010.** Information technologie in business management, university science Press, Bangalore, 797 p.
- DLAMINI P., CHIVENGE P., MANSON A. & CHAPLOT V., 2014.** Land degradation impact on soil organic carbon and nitrogen stocks of sub-tropical humid grass lands in South Africa. *Geoderma*, 235, 372-381.
- D'ODORICO P. & RAVI S., 2015.** Land Degradation and Environmental Change. In: Biological and Environmental Hazards, Risks, and Disasters.(Edi R. Sivanpillai and J.F.Shroder), pp. 219–227, Elsvier.
- DUBIEF J., 1953.** Essai sur l'hydrologie superficielle du Sahara. Gouvernement Général de l'Algérie, service des études scientifiques. Clair bois Birmandreis (banlieue Alger). 457 p.
- DUPLESSIS J., 2002.** Le compostage facilité : guide sur le compostage domestique NOVA Enviroom 107 p.
- Durant J.H., 1954.** Les sols d'Algérie, S.E.S, Alger, 244 p.
- Dutil P., 1971.** Contribution à l'étude des sols et des paléosols du sahara. Thèse Doctorat d'état, Faculté des sciences de l'université de Strasbourg, 346 p.
- ELFELS L., 2014.** Suivi physico-chimique, microbiologique et écotoxicologique du compostage de boues de STEP mélangées à des déchets de palmier: validation de nouveaux indices de maturité. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, Université de Toulouse, 295p.
- ELHAFIANE S., 2012.** Gestion des déchets solides au niveau de la Commune Urbaine d'Agadir et leur impact sur le milieu naturel. p93.

- EPSTEIN E., TAYLOR J.M. & CHANEY R.L., 1976.** Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some soil physical and chemical properties. *Journal of Environmental Quality*, 5(p. 422-426).
- FAURIE C., FERRA C., MEDORI P. & DEVAUX J., 1980.** Ecologie. Approche scientifique et pratique. Ed. J-B.BAILLIRE. Paris. 168 p.
- FORSTER J.C., ZECH W. & WÜRDINGER E., 1993.** Comparison of chemical and microbial methods for the characterization of the maturity of composts from contrasting sources. *Biology and Fertility of Soils* 16, 93-99.
- FRANCO C., 2003.** Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage – Recherche d’indicateurs pertinents. Thèse de doctorat de l’institut national agronomique PARISGRIGNON, Ecole Doctorale ABIES.
- FRANCOU C., 2005.** Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage Ré Recherche d’indicateurs pertinents, Thèse de Doctorat, Institut national agronomique, Paris-Grignon.
- FUCHS J., GALLI U., SCHLEISS K. & WELLINGER A., 2001.** Caractéristiques de qualité des composts et des digestats provenant du traitement des déchets organiques. Association Suisse des Installations de Compostage (ASIC), Forum Biogaz Suisse, 12 p.
- GAGNON B. & SIMARD R., 1999.** Nitrogen and phosphorus release from on-farm and industrial composts. *Can. J. Soil Sci.*79: 481-489.
- GAMLIEL A., STAPLETON J.J., 1993.** Effect of chicken compost or ammonium phosphate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganisms, and lettuce growth. *Plant Disease*, 77 (1993) p. 886-891.
- GNANKAMBARY Z., ILSTEDT U., NYBERG G., HIEN V. & MALMER A., 2008.** Nitrogen and phosphorus limitation of soil microbial respiration in two tropical agroforestry parklands in the south-Sudanese zone of Burkina Faso: The effects of tree canopy and fertilization. *Soil Biology and Biochemistry* 40, pp 350-359.
- GOBAT J.M., ARAGNO M. & MATTHEY W., 2003.** Le sol vivant Bases de Pédologie Biologie des sols. Deuxième édition, Presses polytechniques et universitaires romandes, 568 p.
- GOPAL D. & SHANKAR L., 2011.** Liquid Organic Fertilizer. An Approach towards Organic Vegetable Production. LAP Lambert Academic Publishing AG & Co. KG. Saarbrücken, 204p.
- GOYAL S., DHULL S.K. & KAPOOR K.K., 2005.** Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity, *Bioresource Technol.*, Vol.96, Issue 14, 1584-1591.

- GUESSOUM H., 2019.** Relation qualité des eaux et propriétés des sols dans les palmeraies de la région de Ghardaïa (cas de Sebseb).
- GUITTONNY-LARCHEVEQUE M., 2004.** Valorisation d'un compost de boues urbaines en garrigue pour le reboisement : Comportement des jeunes arbres d'une plantation et modifications de la dynamique de la végétation naturelle après amendement, Thèse de Doctorat, Université Paul Cezanne, 227p.
- HALILAT M.T., 1998.** Étude expérimentale de sable additionné d'argile, comportement physique et organisation en conditions salines et sodiques, Thèse, Doct, I.N.R.A, I.N.A, Paris, Grigon, 229 p.
- HALITIM A., 1988.** Sols des régions arides d'Algérie. O.P.U., Alger, 384 p.
- HALITIM A., 2011.** Aridoculture et le développement durable. Algerian journal of arid environment 3 vol. 1, N° 1, Janvier: 3-9.
- HELENE B. & GEETA S., 2016.** Analyse synthétique des retours d'expérience sur les techniques de compostage dans les pays en développement, *Déchets sciences et techniques*, N°70 : <https://doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.3292>
- HOUICHTI R., 2009.** Caractérisation d'un agrosystème saharien dans une perspective de développement durable : Cas de l'Oasis de SEBSEB (Wilaya de GHARDAIA). Mémoire magister d'Agronomie Saharienne, Option Gestion des agrosystèmes Sahariens. Université d'Ouargla, Département de Science agronomique. 87 p.
- HUANG G.F., WU, Q.T., WONG, J.W. C. & NAGAR B.B. 2006.** Transformation of organic matter during co-composting of pig manure with sawdust. *Bioresource Technology*97, 1834-1842.
- JEDIDI N. & OUERGHI Z., 2008.** Application of municipal solid waste compost reduces the negative effects of saline water in *Hordeum maritimum* L. *Bioresource technology*, 99(15), 7160-7167.
- JIMENEZ E.I. & GARCIA V.P., 1992.** Determination of maturity indices for city refuse composts. *Agric. Ecosyst. Environ.* 38, 343.
- JUSTE C., 1980.** Avantages et inconvénients de l'utilisation des composts d'ordures ménagères comme amendement organique des sols ou support de culture. Journées internationales sur le compost, Madrid. 16 p.
- KABILE M.L., SEMLALI A. & AAJJANE A., ASSOBEI O., 2016.** Phytotoxicité de composts obtenus par compostage accéléré sur des plantes cultivées dans la région des Doukkala, Maroc. *CODEN: JMESC�, ISSN : 2028-2508.*
- KABORE W.T.T., 2004.** Impact de l'apport des déchets urbains solides non triés sur les potentialités agronomiques des sols: Cas de l'agriculture péri-urbaine de Ouagadougou. Mémoire

- d'Ingénieur du Développement Rural. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB). Institut du Développement Rural (IDR), 91 p.
- KADI A. et KORICHI B., 1993.** Contribution à l'étude faunistique des palmeraies de trois régions du M'Zab : Ghardaïa, Metlili, Guerara. Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Agronomie Saharienne INFS/AS Ouargla. 95 pages.
- KOULL N. & HALILAT M.T., 2016.** Effets de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla (Algérie). *Etude et Gestion des Sols*, 23 : 9-19.
- LAKHDHAR A., HAFSI C., RABHI M., DEBEZ A., MONTEMURRO F., ABDELLEY, LAL R., 2004.** Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food quality. *Science* 303, 1623 - 1626.
- LAOUAR F., 2013.** Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe phréatique de la région de Ghardaïa (Cas de Sebseb). Mémoire Master en Sciences de l'environnement, Université de Ghardaïa, 76 p.
- LARBI M., 2006.** Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques. Thèse de doctorat, Université de Neuchâtel, Suisse, 161 p.
- LARNEY F. & ANGERS D., 2012.** The role of organic amendments in soil reclamation: A review, *Canadian Journal of Soil Science*. DOI: 10.4141/CJSS2010-064.
- LEE J.J. & PARK R.D., 2004.** Effect of food waste compost on microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth. *Bioresource Technology* 93(1), 21-28.
- M'SADAK Y. & BEN M'BAREK A., 2015.** Evaluation de la maturité et de la qualité chimique des substrats de croissance à base de méthacompost avicole pour une meilleure exploitation. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°23, September 2015, pp. 117-138.
- M'SADAK Y., ELOUAER M. & EL KAMEL R., 2012.** Evaluation du comportement chimique des composts sylvicoles, des tamisats et des mélanges pour la conception des substrats de culture. *Nature & Technologie, C- Sciences de l'Environnement*, n° 08/Janvier 2013. P 54 à 60.
- MANZEKELE A., 2008.** Problématique de la gestion des déchets d'élevage et ménagers biodégradables cas de (la cité LUbero).
- MAZLIAK P., 1982.** Physiologie végétale, croissance et développement tome III. Ed° Hermann éditeurs des sciences et des arts, collecte méthodes, paris. 420 p.
- MICROSOFT CORPORATION, 1993.** Microsoft Excel : User's guide : version 5.0. Edition Microsoft Corporation, université du Michigan U.S.A., 786p.
- MOREL J.L., COLIN F., GERMON G.C., GODIN P. & JUSTE C. 1984.** Methods of the Evaluation of the Maturity of the Municipal Refuse Compost. In: *Composting of Agricultural and Others Wastes*. Edited by Gasser J.K.R, CEC, workshop, p. 56-72.



- MUSTIN M., 1987.** Le compost, gestion de la matière organique, Ed. François Dubusc, Paris, Organization of the United Nations, Rome. p: 26,114.
- NADA W.M., 2011.** Wood compost process engineering, properties and its impact on extreme soil characteristics. PhD thesis, Potsdam University, Germany, 183 p.
- NANEMA S.L., 2007.** Evaluation de l'efficacité agronomique du compost de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso. Mémoire d'Ingénieur de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) de Katibougou. 68 p.
- NDAYEGAMIYE A., 1989.** Cote D. Effect of long-term pig slurry and solid cattle manure application on soil chemical and biological properties. *Canadian Journal of Soil Science*, 69 p. 39-47.
- O.N.M. Ghardaïa, 2018.** Office Nationale Météorologie. Les données climatiques de la région de Ghardaïa (1990-2016), 1p.
- OUATMANE A., PROVENZANO M.R., HAFIDI M. & SENESI N., 2000.** Compost maturity assessment using calorimetry, spectroscopy and chemical analysis. *Compost Science & Utilization*, 8, 2. p: 124.
- OUSTANI M., 2011.** A Pilot Study to Evaluate the Use of Date Palm Residues (Leaves, Lif, Kornav) as Organic Fertilizer in the Desert Areas. *Acta horticulture.V n° 994.* 117-124.
- OUSTANI M., 2016.** Influence des fertilisants organiques sur la réactivité physico-chimique et le fonctionnement microbiologique d'un sol sableux non salé et sableux. Thèse de Doctorat en Agronomie Saharienne, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 285p.
- OUSTANI M., HALILAT M.T. & CHENCHOUNI H., 2015.** Effect of poultry manure on the yield and nutrients uptake of potato under saline conditions of arid regions. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27 (1), 106 -120.
- OZENDA P., 1983.** Flore du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique (C.N.R.S.), Paris, 622 p.
- OZENDA P., 1991.** Flor du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique (C.N.R.S). Paris .625p. PASSAGER, 1959.
- PAGLIAI M., VIGNOZZI N., JEDIDI N. & OUERGHI Z., 2008.** Application of municipal solid waste compost reduces the negative effects of saline water in *Hordeum maritimum* L. *Bioresource technology*, 99(15), 7160-7167.
- PELLEGRINI S., 2004.** Soil structure and the effect of management practices. *Soil and Tillage Research*79, 131-143.

- PENG J., ZHANG Y., QIONGFENQIU J., ZHONG JUNJIA JEDIDI N. & OUERGHI Z., 2008.** Application of municipal solid waste compost reduces the negative effects of saline water in *Hordeum maritimum* L. *Bioresource technology*, 99(15), 7160-7167.
- PETERS J.B., COMBS S., HOSKINS B., JARMAN J., KOVAR J., WATSAN M., WOLF A. & WOLF N., 2003.** Recommended method of manure analysis. Cooperative extension publishing. 58 p.
- ROGNON P., 1994.** Les principaux sols du Maghreb, *In* : « Désertification et aménagement », Med. Compus N°8, Cours de séminaire Mednin (Tunisie), Agadir (Maroc. Caen), pp. 89-112.
- SALL P. M., 2014.** Étude du compost et du lixiviat obtenus par co-compostage des résidus agroalimentaires à la ferme, p 60.
- SAMUEL P., GAUTIER Y. & SACHS I., 1976.** Les encyclopédies du savoir moderne. L'homme et son environnement. 510p.
- SANCHEZ-MONEDERO M.A., FERNANDEZ-HERNANDEZ A., HIGASHIKAWA F.S. & CAYUELA M.L. 2018.** Relationships between emitted volatile organic compounds and their concentration in the pile during municipal solid waste composting. Volume 79, 2018, pp. 179 -187.
- SAUVESTY A. & TABI M., 1995.** Le compostage au Québec. [S.l.], Consortium sur le développement du compostage au Québec, Québec, QC, Canada, 76 p.
- SCRIBAN R., 1993.** Biotechnologie. Edition : coordonnateurs, 4ème éd. Paris. 904p.
- SINGH S., MISHRA R., SINGH A., GHOSHAL N. & SINGH K.P., 2009.** Soil physico-chemical properties in a grassland and agroecosystem receiving varying organic inputs. *Soil Science Society of America Journal* 73, 1530e1538.
- SOUDI B., 2005.** Le compostage des déchets de cultures sous serres et de fumier, *Bulletin Mensuel d'Information et de Liaison du PNTTA*. p: 6.
- STAMATIADIS S., WERNER M. & BUCHANAN M. 1999.** Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito County, California). *Applied Soil Ecology*, 12 p. 217-225.
- SUNDBERG C., SMARS S. & JONSSON H. 2004.** Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. *Bioresource Technology* 95, 145-150.
- TAHRAOUI N., 2013.** Valorisation par compostage des résidus solides urbains de la commune de Chlef, Algérie. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, 244p.
- TANG J.C., MAIE N., TADA Y. & KATAYAMA A., 2006.** Characterization of the maturing process of cattle manure compost. *Process Biochemistry*, 41, pp: 380-389.

- TEJADA M., GARCIA C., GONZALEZ J.L. & HERNANDEZ M.T., 2006.** Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(6), 1413-1421.
- TIQUIA S.M., 2010.** Reduction of compost phytotoxicity during the process of decomposition, *Chemosphere*, Vol.79, Issue 5, 506-512.
- TIQUIA S.M., TAM N.F.Y. & HODGKISS I.J., 1997.** Effects of turning frequency on composting of spent pig-manure sawdust litter. *Bioresour. Technol.* 62, 42.
- TIRICHINE A., ABID A.F., DAHLIZ A., HAFOUDA L., MEROUCHI W. & KHALED H., 2017.** Etude de l'effet de substitution du fumier par le phragmite (*phragmites communis* trin.) sur la qualité du compost a base de sous produits du palmier dattier. vol. 7, n°1, juin 2017: 4-17.
- TREMIER A., DE GUARDIA A. & MALLARD. P., 2007.** Indicateurs de stabilisation de la matière organique au cours du compostage et indicateurs de stabilité des composts: analyse critique et perspectives d'usage. *Techniques Science Méthodes* N° 10 : 105-129.
- URBATIA., 1996.** Plan Directeur de l'Aménagement Urbain (PDAU) de la commune de Sebseb, Rapport d'orientation, Phase finale. Bureau d'Etudes pour l'Urbanisme et le Bâtiment URBATIA. Agence de Ghardaïa. p75.
- VANAI P., 1995.** Valorisation agronomique d'un compost urbain produit par méthanisation : Étude en milieu tropical, Thèse présentée pour l'obtention du titre de Docteur en Sciences de l'Université Française du Pacifique (UFP), Spécialité Chimie, 172 p.
- VEEKEN A. & HAMELERS H., 2002.** Source of CD, Cu, Pb and Zn in biowaste. *Sci. Total. Environ.* 300, 87-89.
- VERGNOUX A., GIULIANO M., LE DREAU Y., KISTER J., DUPUY N. & DOUMENQ P., 2009.** Monitoring of the evolution of an industrial compost and prediction of some compost properties by NIR spectroscopy. *Science of the Total Environment*, 407, 2390-2403.
- WANG L.N., ZHAO H. & XUE D., 2010.** Effects of jute straw and organic fertilizer on the biological properties of the coastal saline soil, *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)* 34 (34) 39-42.
- WU L. & MA L.Q., 2001.** Effects of Sample Storage on Biosolids Compost Stability and Maturity Evaluation. *J. Environ. Qual.*, 30 : 222–228.
- WU L., MA L.Q. & MARTINEZ G.A., 2000.** Comparison of Methods for Evaluating Stability and Maturity of Biosolids Compost. *J. Environ. Qual.* 29: 424- 429.
- YONG-GUAN Z.H.U., 2013.** Bacterial communities predominant in the degradation of <sup>13</sup>C<sub>4</sub>-4,5,9,10-pyrene during composting. *Bioresource Technology* . 43, 608-614.

**ZNAIDI I., 2002.** Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes. Memory master of science degree mediterranien organic agriculture. C.I.H.E.A.M Mediterranean agronomic institute of bari. Tunisie. p: 29,30 et 85.

**ZUCCONI F., PERA A., FORTE M. & DE BERTOLDI M., 1981.** Evaluating toxicity of immature.

***Annexe***

## *Annexe*

### **Annexe I**

Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953), permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il est représenté ;

- En abscisse par les mois de l'année ;
- En ordonnées par les précipitations en mm et les températures moyennes en °C ;
- Une échelle de  $P=2T$  ;
- L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche.

### **Climagramme d'EMBERGER**

Le climagramme d'Emberger permet la classification des différents types de climats méditerranéens (DAJOZ, 1985 ; DAJOZ, 2003). Cette classification fait intervenir deux facteurs essentiels :

- En abscisse par la moyenne des minima du mois le plus froid ;
- En ordonnées par le quotient pluviothermique ( $Q_2$ ) d'EMBERGER.

On a utilisé la formule de STEWART (1969), adapté pour l'Algérie, qui se calcule comme suit :

$$Q_2 = 3,43.P/M-m$$

- $Q_2$  : Quotient pluviothermique d'EMBERGER ;
- P : Précipitations moyennes annuelles en mm ;
- M : La température maximale du mois le plus chaud en °C ;
- m : La température minimale du mois le plus froid en °C ;
- 3,43 : Coefficient de Stewart établi pour l'Algérie.

## Annexe II. Evolution des paramètres de compostage au cours du temps

**Tableau 1.a.** Moyenne de pH au cours de processus de compostage

Moyenne (pH)							
Traitements	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
<b>PD+FV+ME</b>	8,28	8,66	8,51	8,51	8,48	8,57	8,61
<b>PD+FV</b>	7,91	8,14	8,30	8,30	8,00	8,12	8,11
<b>PD+ME</b>	7,59	7,95	7,95	8,90	8,10	8,31	8,44
<b>FV+ME</b>	8,45	8,62	8,62	9,06	9,27	9,25	8,80
Ecart-type							
<b>PD+FV+ME</b>	0,29	0,09	0,29	0,29	0,28	0,25	0,05
<b>PD+FV</b>	0,18	0,21	0,12	0,12	0,13	0,15	0,25
<b>PD+ME</b>	0,84	0,51	0,51	1,29	0,23	0,13	0,20
<b>FV+ME</b>	0,79	0,93	0,93	0,01	0,11	0,03	0,22

**Tableau 1.b.** Effets du facteur des traitements sur le pH

Traitement	pH	Groupe
<b>FV+ME</b>	8.87	A
<b>PD+FV+ME</b>	8.51	AB
<b>PD+ME</b>	8.17	BC
<b>PD+FV</b>	8.12	C

**Tableau 1.c.** Analyse de variance : pH

pH	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)	
<b>Traitement</b>	3	7.564	2.5215	11.27	3.05e <sup>-06</sup>	***
<b>Residuals</b>	80	17.907	0.2238			

**Tableau 2.a** Moyenne de la conductivité électrique (CE) au cours de processus de compostage

<b>Moyenne (CE ms/cm)</b>							
<b>Traitements</b>	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
<b>PD+FV+ME</b>	12,19	13,00	9,89	11,09	10,17	11,11	20,39
<b>PD+FV</b>	8,18	13,02	10,98	12,19	11,36	13,49	23,00
<b>PD+ME</b>	5,25	4,82	7,14	6,85	7,08	6,74	7,02
<b>FV+ME</b>	9,47	10,86	10,15	10,44	11,94	12,77	14,70
<b>Ecart-type</b>							
<b>PD+FV+ME</b>	1,09	1,14	1,76	1,01	1,15	0,92	2,87
<b>PD+FV</b>	1,78	2,50	1,46	0,66	0,84	1,79	4,07
<b>PD+ME</b>	1,03	2,36	2,30	0,75	0,11	0,32	1,87
<b>FV+ME</b>	2,43	4,31	1,25	0,94	0,73	0,87	2,06

**Tableau 2.b.** Effets du facteur des traitements sur la conductivité électrique (CE)

<b>Traitement</b>	<b>CE</b>	<b>Groupe</b>
<b>PD+FV</b>	13.17	A
<b>PD+FV+ME</b>	12.54	A
<b>FV+ME</b>	11.47	A
<b>PD+ME</b>	6.41	B

**Tableau 2.c.** Analyse de variance : CE

<b>CE</b>	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>	
<b>Traitement</b>	3	595.1	198.36	17.65	6.94e <sup>-09</sup>	***
<b>Residuals</b>	80	899.1	11.24			

**Tableau 3.a.** Moyenne de carbone organique (CO) au cours de processus de compostage

<b>Moyenne (CO %)</b>							
<b>Traitements</b>	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
<b>PD+FV+ME</b>	35,38	33,95	31,24	31,62	27,55	26,86	21,59
<b>PD+FV</b>	33,02	34,61	32,05	31,16	31,16	27,90	22,05
<b>PD+ME</b>	51,20	46,12	50,35	47,83	50,27	49,14	43,14
<b>FV+ME</b>	29,45	28,95	25,73	24,57	24,30	23,72	21,82
<b>Ecart-type</b>							
<b>PD+FV+ME</b>	2,02	3,50	4,20	1,45	2,16	3,47	1,27
<b>PD+FV</b>	2,68	5,00	3,46	4,03	3,63	1,52	1,10
<b>PD+ME</b>	1,77	3,23	0,20	3,79	0,48	1,69	2,93
<b>FV+ME</b>	1,05	2,32	1,95	4,52	0,65	1,11	1,03



**Tableau 3.b.** Effets du facteur des traitements sur le carbone organique (CO)

Traitement	CO	Groupe
PD+ME	48.29	A
PD+FV	30.27	B
PD+FV+ME	29.74	B
FV+ME	25.50	C

**Tableau 3.c.** Analyse de variance : CO

CO	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)	
Traitement	3	6451	2150.4	121.8	$<2e^{-16}$	***
Residuals	80	1413	17.7			

**Tableau 4.a.** Moyenne de matière organique (MO) au cours de processus de compostage

Moyenne (MO %)							
Traitements	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
PD+FV+ME	60,87	58,40	53,73	54,40	47,40	46,20	37,13
PD+FV	56,80	59,53	55,13	53,60	53,60	48,00	37,93
PD+ME	88,07	79,33	86,60	82,27	86,47	84,53	74,20
FV+ME	50,67	49,80	44,27	42,27	41,80	40,80	37,53
Ecart-type							
PD+FV+ME	3,48	6,02	7,21	2,50	3,70	5,96	2,19
PD+FV	4,61	8,60	5,95	6,93	6,24	2,62	1,90
PD+ME	3,04	5,56	0,35	0,83	0,83	2,89	5,03
FV+ME	1,80	3,99	3,35	7,77	1,11	1,91	1,77

**Tableau 4.b.** Effets du facteur des traitements sur la matière organique (MO)

Traitement	MO	Groupe
PD+ME	83.06	A
PD+FV	52.08	B
PD+FV+ME	51.16	B
FV+ME	43.87	C

**Tableau 4.b.** Analyse de variance : MO

MO	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)	
Traitement	3	19084	6361	121.8	$<2e^{-16}$	***
Residuals	80	4180	52			

**Tableau 5.a.** Moyenne de rapport (C/N) au cours de processus de compostage

<b>Moyenne (C/N)</b>							
<b>Traitements</b>	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
<b>PD+FV+ME</b>	20,48	13,44	15,42	14,39	15,71	12,71	8,80
<b>PD+FV</b>	18,40	17,37	12,44	14,46	13,31	12,41	8,36
<b>PD+ME</b>	46,59	56,20	62,68	48,71	92,07	36,71	20,98
<b>FV+ME</b>	12,51	10,44	9,20	9,22	9,31	9,33	6,89
<b>Ecart-type</b>							
<b>PD+FV+ME</b>	3,42	0,00	4,75	7,26	3,41	3,24	1,27
<b>PD+FV</b>	6,18	2,67	2,90	2,28	2,98	2,86	1,71
<b>PD+ME</b>	10,78	1,67	24,27	15,36	60,45	11,55	6,04
<b>FV+ME</b>	0,91	1,94	0,12	2,93	1,45	1,10	0,75

**Tableau 5.b.** Effets du facteur des traitements sur le rapport (C/N)

<b>Traitement</b>	<b>C/N</b>	<b>Groupe</b>
<b>PD+ME</b>	51.99	A
<b>PD+FV+ME</b>	14.40	B
<b>PD+FV</b>	13.82	B
<b>FV+ME</b>	9.55	B

**Tableau 5.c.** Analyse de variance : C/N

<b>C/N</b>	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>	
<b>Traitement</b>	3	24739	8246	34.06	2.75e <sup>-14</sup>	***
<b>Residuals</b>	80	19369	242			

**Tableau 6.a.** Moyenne de teneur de l'azote (N) au cours de processus de compostage

<b>Moyenne (N %)</b>							
<b>Traitements</b>	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
<b>PD+FV+ME</b>	1,75	2,68	2,12	2,61	1,79	2,16	2,48
<b>PD+FV</b>	1,90	2,01	2,67	2,20	2,38	2,33	2,70
<b>PD+ME</b>	1,13	0,82	0,88	1,04	0,80	1,41	2,16
<b>FV+ME</b>	2,31	2,82	2,80	2,76	2,65	2,57	3,19
<b>Ecart-type</b>							
<b>PD+FV+ME</b>	0,24	0,89	0,48	1,29	0,28	0,28	0,31
<b>PD+FV</b>	0,51	0,28	0,62	0,53	0,34	0,54	0,53
<b>PD+ME</b>	0,29	0,03	0,29	0,32	0,63	0,36	0,56
<b>FV+ME</b>	0,12	0,37	0,24	0,47	0,38	0,39	0,39

**Tableau 6.b.** Effets du facteur des traitements sur la teneur de l'azote (N)

Traitement	N	Groupe
FV+ME	2.72	A
PD+FV	2.31	AB
PD+FV+ME	2.22	B
PD+ME	1.17	C

**Tableau 6.c.** Analyse de variance : N

N	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)	
Traitement	3	27.38	9.125	31.65	1.37e <sup>-13</sup>	***
Residuals	80	23.07	0.288			

**Tableau 7.a.** Moyenne de teneur de phosphore (P) au cours de processus de compostage

Moyenne (P mg/l)							
Traitements	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
PD+FV+ME	26,03	26,97	27,85	29,29	31,60	32,64	34,08
PD+FV	41,72	43,14	43,87	44,16	46,35	48,54	50,87
PD+ME	13,55	16,67	17,49	17,63	18,78	19,71	21,89
FV+ME	50,39	52,80	53,98	55,28	57,92	59,76	62,16
Ecart-type							
PD+FV+ME	4,21	3,13	3,47	2,67	2,06	2,66	1,76
PD+FV	4,37	4,29	3,77	3,41	2,45	2,91	2,13
PD+ME	2,12	1,55	1,66	1,32	2,12	1,48	0,52
FV+ME	1,97	3,68	1,56	1,74	2,04	2,18	1,68

**Tableau 7.b.** Effets du facteur des traitements sur la teneur de phosphore (P)

Traitement	P	Groupe
FV+ME	56.04	A
PD+FV	45.52	B
PD+FV+ME	29.77	C
PD +ME	17.96	D

**Tableau 7.c.** Analyse de variance : P

P	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (>F)	
Traitement	3	17838	5946	403.7	<2e <sup>-16</sup>	***
Residuals	80	1178	15			

**Tableau 8.a.** Moyenne de teneur de potassium (K) au cours de processus de compostage

<b>Moyenne (K mg/l)</b>							
<b>Traitements</b>	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
<b>PD+FV+ME</b>	8,00	8,25	6,58	6,33	7,08	7,17	11,75
<b>PD+FV</b>	5,75	7,50	6,50	6,83	6,33	7,92	11,50
<b>PD+ME</b>	7,83	6,08	5,67	6,00	5,67	6,58	7,92
<b>FV+ME</b>	7,42	8,00	7,08	8,83	6,58	8,25	8,75
<b>Ecart-type</b>							
<b>PD+FV+ME</b>	0,25	0,75	0,38	0,38	0,38	0,14	3,13
<b>PD+FV</b>	1,15	0,50	0,25	0,63	1,04	0,38	2,50
<b>PD+ME</b>	1,46	1,01	1,38	1,15	1,15	1,46	1,94
<b>FV+ME</b>	1,66	0,43	0,14	0,14	0,63	0,00	0,66

**Tableau 8.b.** Effets du facteur des traitements sur la teneur de potassium (K)

<b>Traitement</b>	<b>K</b>	<b>Groupe</b>
<b>FV+ME</b>	7.84	A
<b>PD+FV</b>	7.47	A
<b>PD+FV+ME</b>	7.88	A
<b>PD +ME</b>	6.53	A

**Tableau 8.c.** Analyse de variance : K

<b>K</b>	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
<b>Traitement</b>	3	24.73	8.243	2.834	0.0434
<b>Residuals</b>	80	232.66	2.908		

### Annexe III

#### Le calcul

Calculer la quantité de la matière organique utilisée par chaque trou

$$M = D \times v$$

$$M = 1.35 \times (30 \times 30 \times 30), M = 36450 \text{ t/cm}^3 = 36.4 \text{ kg/m}^3$$

MO = 2% x 36.4, 2% : la dose du compost que nous avons utilisé

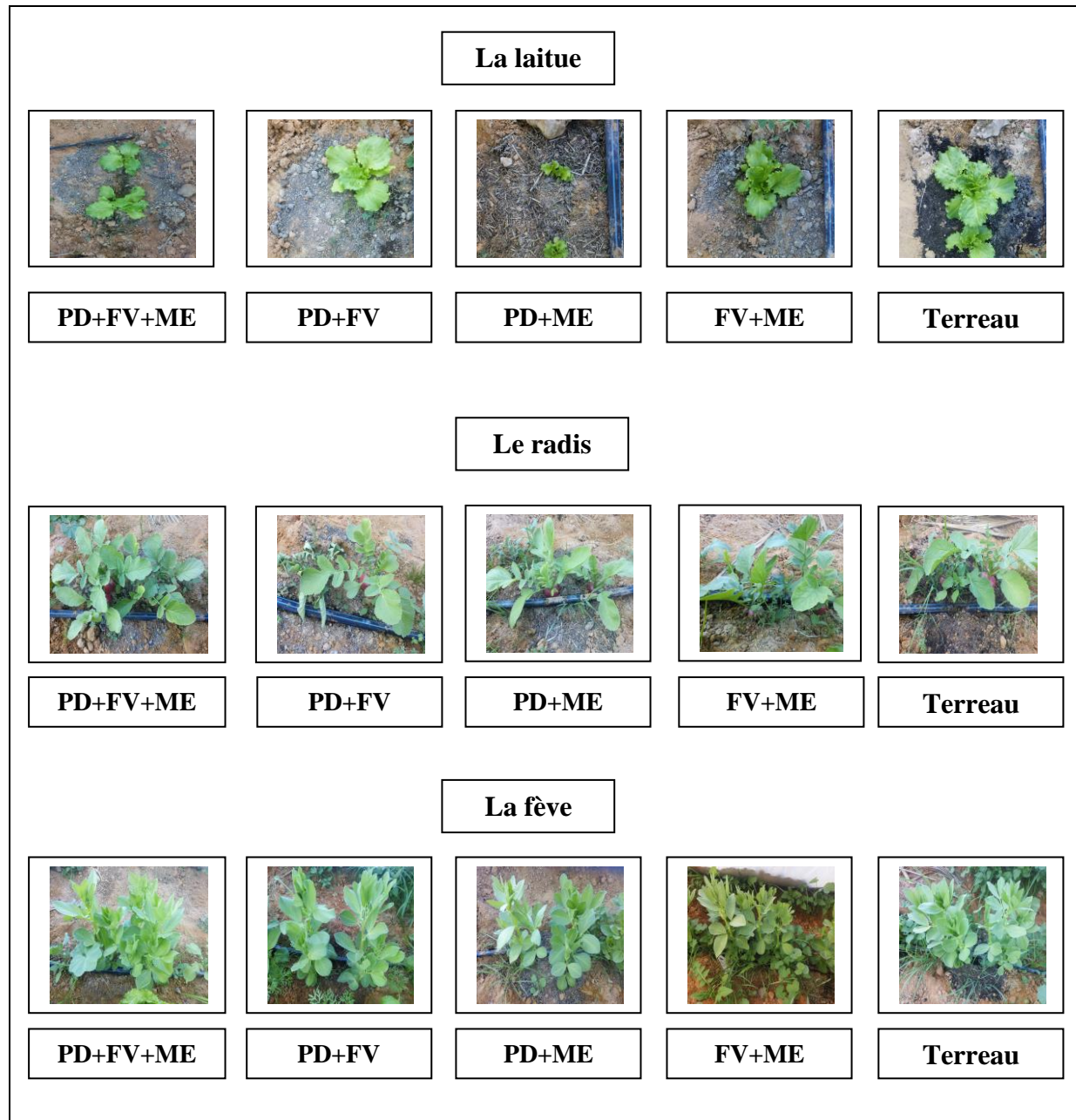
$$MO = 0.728 \text{ kg}$$

**M** : Masse du sol

**D** : Densité du sol

**V** : Volume des trous

**MO** : Matière organique



**Photos 1.** Test de germination

**Annexe IV :****1. L'effet de traitement sur les paramètres de croissance végétative de la plante de laitue****Tableau 1 :** Statistique descriptive

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Poids de plante	0,0000	211,0400	85,5547	75,8126
Poids de partie aérienne	0,0000	184,1300	71,2713	65,2731
Poids de partie souterraine	0,0000	35,0800	14,2833	11,6291
Hauteur de partie aérienne	0,0000	23,0000	13,1000	7,4757
Longueur de partie souterraine	0,0000	15,0000	8,1133	4,7679
Poids de matière sèche aérienne	0,0000	42,3200	17,7773	14,4910
Poids de matière sèche souterraine	0,0000	19,0200	4,4700	5,3717

**Tableau 2 :** Synthèse de comparaisons multiples par paires pour traitement (Tukey (HSD)).

Traitements	PP	Groupes
PD+FV+ME	127,0667	A
Témoin+	89,9900	A
PD+ME	86,1267	A
PD+FV	74,5900	A
FV+ME	50,0000	A

**PP :** Poids de plante

Traitements	PPS	Groupes
PD+ME	19,7267	A
PD+FV+ME	18,7700	A
Témoin+	14,5033	A
PD+FV	9,4167	A
FV+ME	9,0000	A

**PPS :** Poids de partie souterraine

Traitements	LPS	Groupes
PD+FV+ME	10,1667	A
Témoin+	10,0000	A
PD+ME	9,5000	A
PD+FV	7,7333	A
FV+ME	3,1667	A

**LPS :** Longueur de partie souterraine

Traitements	PPA	Groupes
PD+FV+ME	108,2967	A
Témoin+	75,4867	A
PD+ME	66,4000	A
PD+FV	65,1733	A
FV+ME	41,0000	A

**PPA :** Poids de partie aérienne

Traitements	HPA	Groupes
Témoin+	18,3000	A
PD+ME	16,2667	A
PD+FV+ME	14,5667	A
PD+FV	9,7000	A
FV+ME	6,6667	A

**HPA :** Hauteur de partie aérienne

Traitements	PMSA	Groupes
Témoin+	24,2667	A
PD+FV+ME	24,0633	A
PD+ME	17,1233	A
PD+FV	16,7433	A
FV+ME	6,6900	A

**PMSA :** Poids de matière sèche aérienne

Traitements	PMSS	Groupes
PD+FV	6,6733	A
PD+FV+ME	6,5800	A
PD+ME	4,7367	A
FV+ME	2,4100	A
Témoin+	1,9500	A

PMSS : Poids de matière sèche souterraine

**Tableau 3:** Synthèse pour tous les Y

	Poid de plante	Poid de partie aérienne	Poid de partie souterraine	Hauteur de partie aérienne	Longueur de partie souterraine	Poid de matière sèche aérienne	Poid de matière sèche souterraine
R <sup>2</sup>	0,1166	0,1190	0,1607	0,3534	0,3234	0,2103	0,1483
F	0,3300	0,3377	0,4786	1,3664	1,1952	0,6656	0,4354
Pr > F	0,8516	0,8465	0,7512	0,3127	0,3710	0,6301	0,7804

## 2. L'effet de traitement sur les paramètres de croissance végétative de la plante de radis

**Tableau 1 :** Statistique descriptive

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Poids de plante	3,3600	134,7800	78,6653	34,7909
Poids de partie aérienne	0,9100	26,0600	15,2307	6,9578
Poids de partie souterraine	2,4500	108,7200	63,4367	28,5496
Hauteur de partie aérienne	6,0000	23,3000	18,2267	4,3578
Longueur de partie souterraine	3,9000	23,3000	15,5267	5,8468
Poids de matière sèche aérienne	0,1300	5,5000	3,3293	1,4798
Poids de matière sèche souterraine	0,0800	1,9900	1,2713	0,5445

**Tableau 2 :** Synthèse de comparaisons multiples par paires pour traitement (Tukey(HSD)).

Traitements	PP	Groupes	Traitements	PPA	Groupes
Témoin+	104,0467	A	Témoin+	20,8433	A
PD+FV+ME	91,4700	A	PD+FV+ME	18,7633	A
PD+FV	86,5067	A	PD+FV	15,8133	A
FV+ME	55,9833	A	PD+ME	12,1533	A
PD+ME	55,3200	A	FV+ME	8,5800	A

PP : Poid de plante

PPA : Poids de partie aérienne

Traitements	PPS	Groupes
Témoin+	83,2033	A
PD+FV+ME	72,7167	A
PD+FV	70,6933	A
FV+ME	47,4033	A
PD+ME	43,1667	A

**PPS** : Poids de partie souterraine

Traitements	HPA	Groupes
Témoin+	21,5000	A
PD+FV	19,8333	A
PD+FV+ME	18,3667	A
FV+ME	17,1000	A
PD+ME	14,3333	A

**HPA** : Hauteur de partie aérienne

Traitements	LPS	Groupes
PD+FV	17,4333	A
Témoin+	17,1667	A
PD+FV+ME	15,8000	A
FV+ME	14,4000	A
PD+ME	12,8333	A

**LPS** : Longueur de partie souterraine

Traitements	PMSA	Groupes
PD+FV	4,1500	A
PD+FV+ME	4,0967	A
Témoin+	3,5167	A
FV+ME	2,9333	A
PD+ME	1,9500	A

**PMSA** : Poids de matière sèche aérienne

Traitements	PMSS	Groupes
Témoin+	1,6400	A
PD+FV+ME	1,5200	A
PD+FV	1,3367	A
FV+ME	0,9833	A
PD+ME	0,8767	A

**PMSS** : Poids de matière sèche souterraine

**Tableau 3:** Synthèse pour tous les Y

	Poid de plante	Poid de partie aérienne	Poid de partie souterraine	Hauteur de partie aérienne	Longueur de partie souterraine	Poid de matière sèche aérienne	Poid de matière sèche souterraine
R <sup>2</sup>	0,3415	0,4339	0,3148	0,3356	0,0935	0,3285	0,3185
F	1,2967	1,9160	1,1486	1,2629	0,2580	1,2228	1,1684
Pr > F	0,3352	0,1843	0,3888	0,3467	0,8982	0,3609	0,3811



### 3. L'effet de traitement sur les paramètres de croissance végétative de la plante de fève

**Tableau 1 :** Statistique descriptive

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Poids de plante	0,0000	700,0000	381,2640	153,2785
Poids de partie aérienne	0,0000	652,6900	333,6667	145,4937
Poids de partie souterraine	0,0000	54,4100	47,5707	13,3409
Hauteur de partie aérienne	0,0000	107,6000	89,6267	26,4744
Longueur de partie souterraine	0,0000	30,3000	20,0800	6,8132
Poids de matière sèche aérienne	0,0000	220,5200	152,3700	53,8074
Poids de matière sèche souterraine	0,0000	31,4200	19,8640	9,0590

**Tableau 2 :** Synthèse de comparaisons multiples par paires pour traitement (Tukey(HSD)).

Traitements	PP	Groupes
PD+FV	484,4467	A
FV+ME	435,6067	A
PD+FV+ME	433,5500	A
Témoin+	350,2933	A
PD+ME	202,4233	A

**PP :** Poids de plante

Traitements	PPA	Groupes
PD+FV	433,4400	A
PD+FV+ME	384,2533	A
FV+ME	383,6267	A
Témoin+	300,6800	A
PD+ME	166,3333	A

**PPA :** Poids de partie aérienne

Traitements	PPS	Groupes
FV+ME	51,8467	A
PD+FV	51,0067	A
Témoin+	49,6133	A
PD+FV+ME	49,2967	A
PD+ME	36,0900	A

**PPS :** Poids de partie souterraine

Traitements	HPA	Groupes
FV+ME	106,2000	A
PD+FV	99,7667	A
PD+FV+ME	96,5667	A
Témoin+	89,1000	A
PD+ME	56,5000	A

**HPA :** Hauteur de partie aérienne

Traitements	LPS	Groupes
Témoin+	25,6000	A
PD+FV	21,0000	A
PD+FV+ME	20,9000	A
FV+ME	17,3667	A
PD+ME	15,5333	A

**LPS :** Longueur de partie souterraine

Traitements	PMSA	Groupes
PD+FV+ME	187,6333	A
FV+ME	180,5533	A
PD+FV	167,1833	A
Témoin+	123,8067	A
PD+ME	102,6733	A

**PMSA :** Poids de matière sèche aérienne

Traitements	PMSS	Groupes
PD+FV	23,7867	A
PD+FV+ME	23,4600	A
FV+ME	20,8067	A
Témoin+	20,6633	A
PD+ME	10,6033	A

PMSS : Poids de matière sèche souterraine

**Tableau 3:** Synthèse pour tous les Y

	Poid de plante	Poid de partie aérienne	Poid de partie souterraine	Hauteur de partie aérienne	Longueur de partie souterraine	Poid de matière sèche aérienne	Poid de matière sèche souterraine
R <sup>2</sup>	0,4494	0,4464	0,2035	0,4657	0,2771	0,4102	0,3019
F	2,0408	2,0159	0,6389	2,1792	0,9582	1,7390	1,0810
Pr > F	0,1643	0,1681	0,6467	0,1449	0,4710	0,2177	0,4161