

**République Algérienne démocratique et populaire**  
**الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية**  
**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**  
**وزارة التعليم العالي والبحث العلمي**  
**Université de Mentouri Constantine**

N° d'ordre : .....

N° de série : .....

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département de Biologie et Ecologie**  
Mémoire de Magister en Ecologie et Environnement  
**Option: Gestion des déchets : Evaluation et Solutions Environnementales**

**Thème**

**ETUDE DE LA GESTION ET VALORISATION DES FIENTES PAR**  
**Le LOMBRICOMPOSTAGE DANS LA WILLAYA DE**  
**CONSTANTINE**

Présenté par : BOUGHABA Rokia

Devant le jury :

<b>Président :</b>	<b>Mr Hamra Kroua Saleh.</b>	<b>Pr</b>	<b>UM Constantine</b>
<b>Rapporteur :</b>	<b>Mme Touati Ouahrani Ghania.</b>	<b>Pr</b>	<b>UM Constantine</b>
<b>Examineurs :</b>	<b>Mme Gheribi-Aoulmi Zoubida</b>	<b>MC</b>	<b>UM Constantine</b>
	<b>Mr Saheb Menouar.</b>	<b>MC</b>	<b>U LBM</b>
			<b>Oum El Baouaghi</b>

Année universitaire 2011/2012

# Remerciement

*Au terme de ce travail, je remercie avant tout Dieu le tout puissant qui m'a éclairé mon chemin tout au long de mes études*

*Je tiens à remercier tout particulièrement ces personnes, sans lesquelles je n'aurais pu mener à bien ce travail (Professeur OUAHRANI G et Docteur GHERIBI- AOULMI Z) parce que ce travail est le fruit de collaboration de deux laboratoires ECOLOGIE et MATHÉMATIQUES.*

*A Madame le Professeur OUAHRANI G*

*De l'université MENTOURI Constantine*

*Qui est l'initiatrice de ce travail*

*Pour son aide précieuse*

*Pour son accueil et sa disponibilité*

*Tous mes remerciements, toute ma*

*Reconnaissance et toute mon admiration.*

*A Madame le Docteur GHERIBI- AOULMI Z*

*De l'université MENTOURI Constantine*

*Veillez trouver ici l'expression de mes profondes gratitude pour l'intérêt*

*Que vous avez apporté à la réalisation de ce travail par la supervision*

*De l'étude statistique et*

*Qui nous a fait l'honneur de participer au jury de ce travail*

*Hommage respectueux*

*A Monsieur le Professeur HAMRA KAROUA S*

*De l'université MENTOURI Constantine*

*Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence*

*Du jury de ce travail*

*Hommage respectueux*

*A Monsieur le Docteur SAHAB M*

*De l'université LARBI BEN MHIRI d'Oum El -Bouaghi*

*Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury de mémoire.*

*Hommage respectueux*

*A Madame le professeur RACHED-MESABEH O*

*De l'université MENTOURI Constantine*

*Pour son accueil dans son laboratoire et ses aides pour cette post graduation.*

*Je tiens à remercier aussi M<sup>r</sup> BENNOUAR F, responsable de laboratoire des analyses biologiques à l'université Mentouri, pour ses aides et ses conseils précieux lors de réalisation de ce travail.*

*Je remercie aussi les ingénieurs de laboratoire d'écologie pour ses aides*

*DALIEL ET RATIBA*

*Mes très vifs remerciement sont également à*

*Mr BAZRI K pour l'intérêt, l'aide et l'encouragement.*

*A AMINA BEZIANE, A ma frangine AHLEM, mon frangin SALIH et mes amies  
MERIEM, WALIDA, SOUAD et B. SARA MALEK,*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail*

*À mes parents, pour tout.....*

*Que Dieu les garde*

*À l'âme de mon cousin B. MOHAMED MEHDI, et à l'âme de mon grand père  
j'aurais aimé vous voir parmi les invités de ma soutenance mais.....*

*Que Dieu vous accordent son vaste paradis*

*À ma grande mère que dieu la garde et la guérisse.*

*À mes très chères sœurs : AHLEM, NEDJOUA ET SARA*

*À mes très chers frères : SALIH, HAROUN ET WAHID*

*À ma tante FIFI et ses enfants.*

*À mes amies intimes MERIEM, SOUAD, WALIDA, SARA MALEK, HOUDA.*

*Que notre amitié dure encore longtemps.*

*À tous mes camarades de post graduation d'Écologie et Environnement*

*« Promotion 2008/2009 ».*

*À toute ma famille et à ceux qui j'aime et qui m'aiment.*

# SOMMAIRE

Introduction .....	15
<b>CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
1.1. Généralités sur les effluents de l'élevage.....	18
1.2. Typologie. ....	18
1.2.1 Les déjections liquides .....	18
1.2.2. Les déjections pâteuses à sèches. ....	19
1.2.3. Émanations gazeuses.....	19
1.3 La composition moyenne des déjections avicoles : .....	20
1.4 Impacts des déjections avicoles sur l'environnement .....	21
1.4.1. Dans les sols. ....	21
1.4.2. Dans les eaux.....	21
1.4.3. Dans l'air.....	22
1.5. Le secteur avicole au Maghreb: .....	22
1.5.1. Répartition du secteur avicole au Maghreb.....	22
1.5.2 Répartition du cheptel avicole au Maghreb.....	23
1.6. Différents traitements des déjections avicoles .....	23
1.6.1. Les procédés de gestion des déchets avicoles à l'échelle internationale .....	23
1.6.2. Les procédés de gestion des déchets avicoles au Maghreb .....	24
1.7. Différents utilisations des effluents de l'élevage .....	24
1.7.1. La valorisation agronomique des déjections avicoles .....	24
1.7.2. La valorisation alimentaire.....	25
1.8. Les différentes techniques de valorisation des déchets avicoles.....	27
1.8.1. La méthanisation .....	27
1.8.2. Le compostage.....	28
1.8.3. Le vermicompostage (lombricompostage).....	30
<b>CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES</b>	
2.1. La valorisation des fientes de poulets de chair.....	33
2.1.1. Plan d'expérience.....	33
2.1.2. Montage proprement dit : .....	34
2.2. Paramètres déterminés: .....	37
2.2.1. Paramètres physico-chimiques:.....	37
2.2.2. Paramètres biologiques: .....	40
2.3. Test de germination :.....	40
2.4 Méthodes statistiques .....	42

## CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Résultats et discussion des paramètres physicochimiques :.....	45
3.1.1.Évolution mensuelle de la température (T°C):.....	46
3.1.2.Évolution mensuelle du poids frais :.....	47
3.1.3. Évolution mensuelle du pH :.....	48
3.1.4.Évolution mensuelles du potentiel d'oxydo- réduction (mV) :.....	50
3.1.5.Évolution mensuelle du taux du nitrate NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm) :.....	51
3.1.6 Évolution mensuelles du % d'humidité (%H): .....	53
3.1.7. L'évolution mensuelle de la matière organique % MO : .....	54
3.1.8. Évolution mensuelles du taux de carbone :.....	56
3.1.9 Évolution mensuelle de l'azote total (%N). .....	58
3.1.10. Évolution mensuelle du rapport C/N.....	60
3.2 Résultats et discussion des paramètres biologiques .....	64
3.2.1. L'évolution de l'effectif et de la biomasse des vers de terre.....	64
3.3 Résultats et discussion du test de germination « compartiment végétal» :.....	70
3.3.1. Taux de germination (%)......	70
3.3.2 La phytomasse sèche.....	72
3.4. Interactions entre les facteurs biotiques et les facteurs abiotiques.....	74
3.4.1. Matrice de corrélation .....	74
3.4.2. Interaction des facteurs abiotiques et biotiques.....	76
CONCLUSION .....	79

# LISTE DES TABLEAUX

Numéro du tableau	Titre du tableau	Page du tableau
<b>01</b>	Exemple de la composition moyenne des déjections avicoles	<b>20</b>
<b>02</b>	La répartition des secteurs avicoles au Maghreb	<b>22</b>
<b>03</b>	Procédés de gestion des déchets avicoles au Maghreb	<b>24</b>
<b>04</b>	Composition chimique moyenne des ensilages d'herbe	<b>26</b>
<b>05</b>	Rendement de production de biogaz en fonction de la nature du substrat	<b>28</b>
<b>06</b>	La production des déchets solides en Tunisie	<b>29</b>
<b>07</b>	Proportions (%) fiente, carton, et coquille d'œuf utilisés dans L1, L2, L3, L4 et L5	<b>34</b>
<b>08</b>	Composition de chaque lombricompostières lors de l'expérience	<b>36</b>
<b>09</b>	Moyenne $\pm$ intervalle de confiance à 95% (% intervalle de confiance) des variables (T°C, Pf (g), pH, potentiel d'oxydoréduction (mV), taux du nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm), %H, %C, %N et le rapport C/N) étudiées dans le lombricompostage des fientes de poulets de chair)	<b>45</b>
<b>10</b>	Résultats de l'ANOVA pour la variable T°C dans les milieux L1,L2,L3 ,L4 et L5.....	<b>46</b>
<b>11</b>	Résultats de l'ANOVA pour la variable poids frais (g)	<b>48</b>
<b>12</b>	Résultats de l'ANOVA pour la variable pH	<b>49</b>
<b>13</b>	Résultat de l'ANOVA pour la variable potentiel d'oxydo réduction	<b>51</b>
<b>14</b>	Résultat de l'ANOVA pour la variable nitrate (ppm)	<b>52</b>
<b>15</b>	Résultats de l'ANOVA pour la variable % de l'humidité	<b>53</b>
<b>16</b>	Résultats de l'ANOVA pour la variable % matière organique	<b>55</b>
<b>17</b>	Résultats de l'ANOVA pour la variable % C	<b>56</b>
<b>18</b>	Résultats de l'ANOVA pour la variable % Nt	<b>58</b>
<b>19</b>	Résultat de l'ANOVA pour la variable rapport C/N	<b>60</b>
<b>20</b>	Classement des fertilisants selon la directive nitrate	<b>63</b>
<b>21</b>	Résultats de l'ANOVA pour la variable taux de germination	<b>71</b>
<b>22</b>	Résultats de l'ANOVA pour la variable biomasse sèche	<b>73</b>
<b>23</b>	Résultats de la matrice de corrélation entre les facteurs biotiques et abiotiques	<b>74</b>
<b>24</b>	Résultats de la MANOVA pour toutes les variables	<b>76</b>
<b>25</b>	Valeurs propres des différentes composantes canoniques	<b>77</b>
<b>26</b>	Les composantes canoniques des variables biotiques	<b>77</b>
<b>27</b>	Les composantes canoniques des variables abiotiques	<b>78</b>

## LISTE DES FIGURES

Numéro de la figure	Titre de la figure	page de la figure
<b>01</b>	Répartition du cheptel avicole au Maghreb	<b>23</b>
<b>02</b>	Plan d'expérience	<b>34</b>
<b>03</b>	Plan d'expérience pour le test de germination utilisé	<b>41</b>
<b>04</b>	Évolution des moyennes des Températures (T°C) dans les différentes lombricompostières	<b>46</b>
<b>05</b>	Moyennes des températures (T°C) dans chacun des milieux L1, L2, L3, L4 et L5	<b>46</b>
<b>06</b>	Évolution mensuelle des moyennes du poids frais (g) dans les différentes lombricompostières	<b>48</b>
<b>07</b>	Évolution des moyennes du pH dans les différentes lombricompostières	<b>49</b>
<b>08</b>	Variations des moyennes du pH dans chaque lombricompostière	<b>49</b>
<b>09</b>	Évolution des moyennes du potentiel d'oxydo-réduction dans les différentes lombricompostières	<b>51</b>
<b>10</b>	Évolution des moyennes des nitrates ppm dans les différentes lombricompostières	<b>52</b>
<b>11</b>	Moyennes des nitrates (ppm) dans les différentes lombricompostières	<b>52</b>
<b>12</b>	Évolution mensuelle du nitrate (ppm) dans les différentes lombricompostières	<b>53</b>
<b>13</b>	Évolution des moyennes de % de l'humidité dans les différentes lombricompostières	<b>54</b>
<b>14</b>	Évolution mensuelle de l'humidité %H dans chaque lombricompostière	<b>54</b>
<b>15</b>	Évolution des moyennes de % la MO dans les différentes lombricompostières	<b>55</b>
<b>16</b>	Variation des moyennes % MO dans chaque lombricompostière étudiée	<b>55</b>
<b>17</b>	Variations mensuelles des moyennes de % C dans les différentes lombricompostières	<b>56</b>
<b>18</b>	Variation des moyennes %C en fonction du milieu d'étude	<b>57</b>
<b>19</b>	Évolution mensuelle des moyennes de % de l'azote total	<b>58</b>
<b>20</b>	Variations des moyennes de % N dans les milieux étudiés	<b>59</b>
<b>21</b>	Évolution mensuelle des moyennes de % N dans chaque lombricompostière	<b>59</b>
<b>22</b>	Variation mensuelle des moyennes du rapport C/N lors du lombricompostage des fientes	<b>61</b>
<b>23</b>	Variation des moyennes du rapport C/N dans les lombricompostière	<b>61</b>
<b>24</b>	Évolution mensuelle des moyennes de C/N dans chaque lombricompostière	<b>62</b>
<b>25</b>	Évolution mensuelles des moyennes de l'effectif total (N ind.) des vers de terre dans les différentes lombricompostières au cours du lombricompostage	<b>64</b>
<b>26</b>	Évolution mensuelle des moyennes de l'effectif total (N ind)	<b>64</b>

<b>27</b>	Évolution des moyennes du nombre de vers de terre adultes (N. Adultes) dans les lombricompostières	<b>65</b>
<b>28</b>	Évolution mensuel des adultes (N. Ad) dans L1, L2, L3, L4 et L5.	<b>66</b>
<b>29</b>	Variation des moyennes du nombre de juvénile (N. ind) dans les lombricompostières	<b>67</b>
<b>30</b>	Variation des moyennes du nombre de juvénile dans les milieux étudiés	<b>67</b>
<b>31</b>	Évolution de nombres des cocons	<b>67</b>
<b>32</b>	Évolution des moyennes de la biomasse au cours du processus de lombricompostage	<b>69</b>
<b>33</b>	Évolution du taux de germination (%) dans les différentes lombricompostières.	<b>70</b>
<b>34</b>	Variation des moyennes du taux de germination (%) selon les rapports sol/bioengrais	<b>71</b>
<b>35</b>	Variation des moyennes du taux de germination (%) selon les milieux	<b>71</b>
<b>36</b>	Variation des moyennes du taux de germination (%) dans chaque lombricompostière	<b>72</b>
<b>37</b>	Variation de la moyenne de la phytomasse sèche (g) selon le rapport sol/engrais	<b>73</b>
<b>38</b>	Tracé des valeurs propres des composantes canoniques	<b>77</b>

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>Symboles</b>	<b>Significations</b>
ACC	analyse de corrélation canonique
ANOVA	analyse de la variance
C	Carbone
H	Humidité
Lx	lombricompostière
L	longueur
l	largeur
Fig	figure
g	gramme
H	hauteur
MANAVA	analyse multivariée
MM	matière minérale
MO	matière organique
MS	matière sèche
M	la masse
mV	millivolt
N ind	nombre des individus
N Juv :	nombre des juvéniles
Nt	azote total
NO <sub>3</sub>	Nitrate
ppm	partie par million
P.f	poids frais
p.s	poids sec
Tab	tableau
T	température
V	Volume

# **INTRODUCTION**

La production animale fait partie intégrante de l'agriculture et du développement rural et durable car elle joue un rôle fondamental dans la sécurité alimentaire, la nutrition, le revenu et l'épargne dans les foyers, la conservation de la biodiversité et des ressources naturelles.

Pour plus de 200 millions de petits exploitants agricoles d'Asie, d'Afrique et d'Amérique latine, l'élevage de bovins, buffles, moutons, chèvres et volailles est la première source de revenu.

L'élevage représente environ 40% de la production agricole mondiale en 2008. Il fait vivre des multitudes de petits agriculteurs des pays en voies de développement. L'élevage fournit la force de traction pour plus de 320 millions d'hectares, soit le quart du total des surfaces cultivées de la planète. L'aviculture constitue un secteur très important en Algérie. Ses produits assurent plus de 50% de la ration alimentaire moyenne en produits d'origine animale.

Pendant des millénaires, culture et élevage ont été associés pour améliorer la fertilité des sols, grâce à l'utilisation des déjections animales comme fertilisant, et en particulier les fientes qui sont les excréments mous ou liquides des volailles (canard, pigeons, poulet...).

Toutefois, une mauvaise gestion ou de transformation des produits d'élevage risque de nuire à l'environnement et à la santé par la pollution due aux déchets animaux. Les déjections animales sont souvent considérées comme une contrainte ou un sous produit (épandage), les engrais de ferme sont une ressource de qualité. Ils permettent de réaliser des économies d'intrants en favorisant la vie du sol et de maintenir le taux de matière organique des sols (fumiers, composts).

Encore faut-il bien employer les différents produits provenant de l'élevage en les connaissant et en les utilisant au bon moment. Certains sont tentés d'acheter des engrais organiques du commerce qui représentent un coût non négligeable alors qu'il existe des ressources dans les exploitations d'élevage qui méritent d'être valoriser. Ces produits sont souvent des engrais complets et participent pour certains à la reconstitution de l'humus du sol.

La gestion des déchets organiques représente un souci et une orientation stratégique pour tous les pays du monde, notamment ceux du Maghreb surtout après leur engagement dans des politiques environnementales nationales, méditerranéennes et internationales. Ces orientations visent, entre autre, un développement industriel qui encourage les processus de production agroalimentaire propre. Les déchets étant la plus grande menace sur l'environnement.

Le problème posé par les déchets organiques du secteur avicole en général et des fientes en particulier résulte de leur fermentation et leur pétrification qui pollue la nappe phréatique, le sol et l'air.

Le but de notre étude est de valoriser les fientes de poulet de chair par un traitement biologique qui est le lombricompostage. Ainsi, nous allons utiliser les vers de terreau (*Eisenia fetida*) pour obtenir par une co-action lombri-microbienne un terreau de qualité : le lombricompost ou bioengrais.

Au cours de cet essai des paramètres physicochimiques (pH, T°C, C/N, ...) et biologiques (l'effectif, biomasse des vers de terre) ont été suivis. Nous avons mené aussi un test de germination, afin de tester la qualité du lombricompost obtenu.

**CHAPITRE I**  
**SYNTHESE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

## 1.1. Généralités sur les effluents de l'élevage

On appelle effluent d'élevage tout déchet, de quelque nature qu'il soit, issu de toutes les activités présentes dans un élevage et sortant de celui-ci (METRAS, 2003).

## 1.2. Typologie.

Au cours des dernières années, la typologie des élevages de volailles de chair n'a guère évolué. Les élevages de poulets, dindes et pintades sont toujours pratiqués sur litière (et donnent donc lieu à la gestion d'un fumier), tandis que les canards à rôtir sont élevés dans la plupart des cas sur caillebotis et que les canards destinés à la production du foie gras sont élevés en cages (ce qui donne lieu à la gestion des déjections sous forme de lisier).

En revanche, en élevages de poudeuses, les modalités d'élevage (matériel, gestion des déjections, alimentation) ont beaucoup évolué. On note en particulier que des systèmes de séchage des fientes ont été mis au point, ce qui permet de réduire les pertes d'azote sous forme d'ammoniac ; gaz dont la maîtrise est apparue récemment comme l'un des enjeux de l'agriculture en Europe (Anonyme 1, 2005).

De ce fait, il est possible de classer les déjections avicoles en trois grands types :

### 1.2.1 Les déjections liquides

Nous trouvons dans cette catégorie :

#### A. Les lisiers :

Les lisiers sont des mélanges liquides de fèces et d'urines avec quelques déchets de litière ou d'aliments. On distingue les lisiers liquides, dont le taux de matière sèche est inférieur à 13%, et les lisiers pailleux, qui contiennent une quantité variable de litière, et dont le taux de matière sèche moyen varie de 10 à 20 % (Anonyme 2, 1991). Les lisiers présentent différentes contraintes environnementales (Anonyme 3, 1993) par leur richesse en nitrates et certains métaux tels que le cuivre et le zinc (Anonyme 1, 2005).

#### B. Les urines :

Dans certains élevages pilotes (GRAMMONT *et al.*, 1994), on pratique la séparation des urines et des fèces en mettant les animaux sur caillebotis. On récolte alors les urines indépendamment. Leur traitement et leurs utilisations en seront facilités : les urines sont épandues et les fèces séchées sont compostées.

### C. Les jus d'ensilage

Les jus d'ensilage sont les effluents de silo rejetés lors de la confection de ces derniers. La quantité produite est inversement proportionnelle à la matière sèche du fourrage à ensiler (les quantités de jus sont maximales pour des taux de matières sèches faibles) (BECHE, 1991).

### D. Les purins

D'après (Anonyme 4, 2001b), les purins sont des exsudats liquides provenant du stockage des fumiers, comprenant éventuellement des urines (moins de 3% de matière sèche), ou constitués d'eau de pluies souillées lors de leur passage sur, ou à travers du tas de fumier.

## 1.2.2. Les déjections pâteuses à sèches.

Dans cette catégorie nous avons :

**A. Les fumiers:** sont le résultat du mélange dans les bâtiments d'élevage, des déjections animales avec une litière (paille, copeaux ou sciure). Ils fermentent sous les animaux et sur leur plate-forme de stockage (TOURNADE *et al.*, 2011).

**B. Les fientes,** elles sont constituées de fèces, d'urines, de plumes, d'œufs ou de coquilles d'œuf, et de litière. C'est un mélange hétérogène.

Pour (FOURMONT, 1982), l'aspect des fientes varie en fonction de leur humidité :

- de 15 à 20% d'humidité, elles sont sèches, poussiéreuses, gris clair, elles sont plus volontiers appelées "fumier", et concernent les volailles de chair.
- à 70% d'humidité, elles sont visqueuses, magmatiques, et très foncées, on parle alors de fientes de poules pondeuses.

## 1.2.3. Émanations gazeuses

Les émanations gazeuses sont loin d'être négligeables, parmi elles, on distingue:

**A. Méthane (CH<sub>4</sub>),** le méthane est produit lors de la méthanisation des fumiers (BECHE, 1991). Cette méthanisation dégage aussi du dioxyde de carbone (Le CLECH, 1998).

**B. Ammoniac (NH<sub>3</sub>)** : du fait de son odeur nauséabonde, l'ammoniac est à l'origine de nombreux désagréments, comme la pollution de l'air.

Ainsi l'ammoniac se dégage des litières avicoles, à l'origine de l'odeur acide dans les bâtiments d'élevage, mais aussi à partir du traitement des déjections animales (stockage, brassage, et épandage). L'utilisation de couvertures de fosses et l'enfouissement immédiat après épandage limitent considérablement les pertes (LE CLECH, 1998). Le NH<sub>3</sub> dans les bâtiments d'élevage peut être à l'origine de l'affaiblissement des mécanismes immunitaires des animaux.

**C. Hydrogène sulfureux (H<sub>2</sub>S)** : il se dégage lors du mélange du lisier et des jus d'ensilage (METRAS, 2003).

### 1.3 La composition moyenne des déjections avicoles :

Le tableau 1, donne la composition des déjections avicoles (Anonyme1, 2005)

Tableau 1 : Exemple de la composition moyenne des déjections avicoles (%)  
(Anonyme1, 2005)

Composition	Fientes séchées de poules pondeuses	Fumier frais de poulets et de dindes	Fumier stocké de poulets et dindes	Compost de fumier de volailles (ex. Dindes)
Matière sèche (%)	80	57	39	63
Matière minérale (%)	22	9	13	19
Matière organique (%)	58	44	28	44
Azote total (%0)	40	25	16	23
NH4 (N ammoniacal) (%0)	4	6	3	6
N organique (%0)	36	19	13	17
P2O5 (phosphore) (%0)	36	16	16	28
K2O (potasse) (%0)	25	19	18	24
Cu (cuivre) mg / kg	68	54	45	124
Zn (zinc) mg /kg	422	92	120	288

## **1.4 Impacts des déjections avicoles sur l'environnement**

L'utilisation des déjections animales pour fertiliser les terres agricoles est une pratique très ancienne. Ainsi utilisées de manière raisonnée, les déjections avicoles (lisier, fumier ou compost, fientes) contribuent, du fait de leur valeur fertilisante et amendante, à réduire la consommation d'engrais minéraux, et ainsi le coût de la fertilisation. Elles permettent également d'accroître le taux de recyclage des éléments en agriculture et à entretenir la fertilité, la stabilité structurale et la biodiversité des sols, notamment par l'apport des composants de la litière. Cependant, lorsque les apports d'effluents dépassent la capacité de recyclage des milieux naturels récepteurs, des impacts négatifs apparaissent vis à vis du sol, des eaux ou de l'air. (Anonyme 5, 2006). Pourtant, lorsque la quantité épandue est supérieure aux besoins réels de la plante, cette même richesse va entraîner la pollution des sols, des eaux et de l'air. Un traitement biologique bien maîtrisé avant l'épandage permet de limiter les pollutions (Anonyme 6, 2002).

### **1.4.1. Dans les sols.**

L'apport d'éléments nutritifs et d'oligoéléments (N, P, K, Na, S, Ca, Cu, Zn...) compense les carences naturelles éventuelles et l'exportation par les cultures, la consommation par la rhizosphère ou les exportations incompressibles par le lessivage. Au-delà de cette compensation, l'accumulation peut entraîner à plus ou moins long terme des déséquilibres entre éléments nutritifs et conduire à la phytotoxicité des sols ou à la contamination des chaînes alimentaires (Anonyme 5, 2006).

Ainsi pour l'azote, le principal risque est lié à l'importance des fuites de nitrate par le lessivage.

### **1.4.2. Dans les eaux**

Que les eaux soient superficielles, continentales ou littorales, les éléments (N et P en particulier) arrivent après lessivage des composés solubles ou ruissellement de particules. Lorsque ces flux dépassent les capacités épuratoires des écosystèmes, les eaux superficielles s'eutrophisent, entraînant une perte de biodiversité, un développement algal excessif et des nuisances aux activités de loisirs (Anonyme 5, 2006).

### 1.4.3. Dans l'air

Les composés émis peuvent agir à proximité du lieu d'émission ou à des échelles géographiques beaucoup plus larges, jusqu'à l'ensemble de la planète. Ainsi, les retombées d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) contribuent à un apport supplémentaire d'azote au sol dans les régions d'élevage et contribuent à l'eutrophisation des milieux sensibles et à l'acidification des sols. Le protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) et le méthane ( $\text{CH}_4$ ) contribuent à l'enrichissement de l'atmosphère en gaz à effet de serre (Anonyme 5, 2006).

Les odeurs et poussières contribuent aux nuisances de proximité. Parfois, les élevages avicoles sont réputés comme odorants et il est vrai qu'ils sont de plus en plus souvent incriminés dans le cadre de problèmes de voisinage (Anonyme 5, 2006).

## 1.5. Le secteur avicole au Maghreb:

### 1.5.1. Répartition du secteur avicole au Maghreb

L'étude de la faisabilité de nouvelles techniques pour la valorisation des déchets dans le secteur agroalimentaire au Maghreb (Tab.2) donne la répartition des secteurs avicoles au Maghreb (Anonyme 7, 2011).

Tableau 2 : la répartition des secteurs avicoles au Maghreb (Anonyme 7, 2011).

Secteur avicole		Unité	Algérie	Tunisie	Maroc	Maghreb	Sources d'information
	Fientes	t/a	125000	650000	406000	10181000	Données de l'étude
	lisiers des pondeuses	t/a	1314000	/	/	/	Données de l'étude

### 1.5.2 Répartition du cheptel avicole au Maghreb

La figure 1, donne la répartition du cheptel avicole au Maghreb (Anonyme 8, 2010).

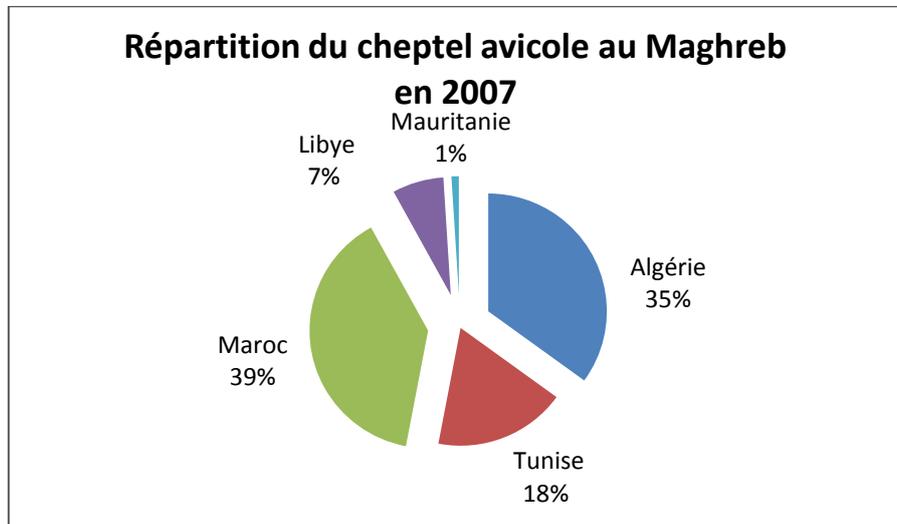


Figure 1 : Répartition du cheptel avicole au Maghreb (anonyme 8, 2010)

### 1.6 Différents traitements des déjections avicoles

#### 1.6.1. Les procédés de gestion des déchets avicoles à l'échelle internationale

**A. Valorisation énergétique par voie sèche:** consiste à la production exclusive d'électricité ou de chaleur à partir de cogénération de la combustion par incinération des fientes (Anonyme 8, 2010).

**B. Valorisation énergétique par voie humide :** consiste à condenser et transformer en électricité un groupe électrogène pouvant être réalisé par biométhanisation donnant la possibilité de valoriser directement le biogaz obtenu (Anonyme 8, 2010).

**C. Valorisation dans l'alimentation animale par fermentation biologique:** est un procédé de traitement des déchets de volailles (fientes, excréta et litière) par fermentation grâce à des cultures de *Lactobacillus plantarum* et *Pediococcus acidilactici* (Anonyme 8, 2010).

## 1.6.2. Les procédés de gestion des déchets avicoles au Maghreb

Le tableau 3, présente les différents procédés de gestion des déchets avicoles au Maghreb.

Tableau 3 : Procédés de gestion des déchets avicoles au Maghreb (Anonyme 8, 2010)

Pays	Procédés utilisés
Maroc	* l'épandage des déchets dans le champ
Algérie	* valorisation dans la fertilisation par compostage * valorisation énergétique des fientes * valorisation dans l'alimentation animale par fermentation biologique.
Tunisie	* Biostabilisation * Technologie d'acidification * Biométhanisation

## 1.7. Différents utilisations des effluents de l'élevage

### 1.7.1. La valorisation agronomique des déjections avicoles

Les déjections avicoles, grâce à la matière organique qu'ils contiennent, constituent une garantie pour la fertilité physique, chimique et biologique des sols. Le sol, quant à lui, a un rôle épurateur pour les fumiers, les lisiers ou les fientes (Anonyme 9, 2001). Ces produits que l'on appelle des engrais de ferme, sont des engrais complets. (Anonyme 9, 2001). Les animaux d'élevage rejettent 20 à 40 % de l'azote et du phosphore et 70 à 90 % du potassium ingérés avec les aliments. Pour les volailles, 70 % de l'azote et du phosphore consommés se retrouvent dans les déjections (CHABELIER *et al.*, 2006).

On retrouve la plus grande partie de ces éléments dans les lisiers et les fumiers (CHABELIER *et al.*, 2006).

**A. Le stockage :** il consiste à remorquer et épandre les déchets dans des andains de taille bien définie et pendant une durée donnée, ces déchets sont ensuite brassés et homogénéisés pour assurer leur aération (Anonyme 9, 2001).

Le stockage (AUDOUIN, 1989) n'est pas un traitement proprement dit, mais il est indispensable pour la bonne utilisation de toutes les étapes en aval. Les déjections sont stockées dans un bassin devant avoir un volume au moins quatre fois le volume journalier requis.

La durée de stockage doit être réduite pour éviter un vieillissement du lisier, néfaste à tout traitement ultérieur.

Le bassin du stockage est brassé mécaniquement. Ce brassage se fait en aérobiose de façon à limiter les odeurs.

**B. L'épandage :** le bon usage des déjections avicoles passe par un épandage de qualité, c'est-à-dire une répartition sur la parcelle correspondant aux exigences de la culture en place où à venir et en particulier la fourniture des éléments nutritifs aux moments opportuns et en quantités adéquates.

### **1.7.2. La valorisation alimentaire**

Les déchets animaux peuvent représenter un vaste réservoir d'éléments nutritifs, surtout pour les ruminants. Dans la plupart des pays, les excréments et particulièrement ceux de la volaille, sont facilement «collectables».

L'idée de recycler les fientes de volailles dans l'alimentation des animaux est relativement récente. Les fientes peuvent être utilisées comme source de protéines et de minéraux (NEFZAOU, 1991).

Les fientes sont très riches en minéraux, et en particulier en calcium et en phosphore, respectivement 1,9 et 1,7% de la MS des fientes de poulets et 7,5 et 2,6% de la MS des fientes de pondeuses (Muller, 1980 in NEFZAOU, 1991).

**A . Jus d'ensilage et valorisation alimentaire :**

- Ainsi les jus d'ensilage frais peuvent être distribués directement aux porcs et aux bovins (BECHE, 1991) leur valeur nutritive est très intéressante (tableau 4).
- Ces jus sont propres et non contaminés. Il n'a jamais été mis en évidence d'effets néfastes tant sur les performances que sur la santé des animaux.
- Enfin, en raison de leur acidité, les abreuvoirs utilisés doivent être en inox ou en plastique, et la consommation maximale journalière doit être de 5 litres pour 100 Kg de poids vifs.
- La valorisation alimentaire des jus est interdite si les jus contiennent des conservateurs acides. (METRAS, 2003)

Tableau 4: Composition chimique moyenne des ensilages d'herbe (d'après DAVIES, ADAS.1998 in BECHE, 1991)

Composants	Volume (%).
MS	6
Protéines brutes	1.5
Cendres	1.5
Sucres solubles	1.1

**B. Fientes de volailles déshydratées dans l'alimentation des ruminants :** les fientes de volailles sont polluantes et embarrassantes. Pour remédier à cela, plusieurs destinations leur sont réservées : l'épandage, l'incinération, la désodorisation chimique, l'épuration bactériologique, la production de bio méthane, mais aussi la valorisation alimentaire (METRAS, 2003).

La déshydratation est un procédé intéressant car elle permet une diminution du volume de stockage nécessaire, l'obtention d'un produit stable, un produit facilement

manipulable et transformable, une diminution des mauvaises odeurs, et enfin elle diminue le risque pathogène (FOURMONT, 1982)

## **1.8. Les différentes techniques de valorisation des déchets avicoles**

### **1.8.1. La méthanisation**

D'après TOU *et al.*, (2001) , pour répondre aux besoins en énergie de notre pays, afin d'assurer sa pérennité, réduire sensiblement la pollution locale et l'effet de serre, pour la préservation de l'environnement, la prospection et le développement de nouvelles sources d'énergie ont été entrepris notamment l'énergie de la biomasse et plus précisément le biogaz.

Cette énergie renouvelable largement disponible, peu coûteuse et non polluante est utilisée pour compléter l'énergie fossile non renouvelable.

La valorisation des déchets organiques et principalement les déjections animales pour la production de biogaz (biométhanisation) pourrait être considérée comme une solution économique, décentralisée et écologique à ces problèmes à travers une autonomie énergétique et un développement agricole durable des zones rurales (Tab.5).

La production d'énergie à partir de la matière organique de diverses origines : matière végétale, déjections animales, sous produits de l'industrie agro-alimentaire, boues des stations d'épurations, ordures ménagères,..., au moyen de procédés de fermentation anaérobie dans des digesteurs appropriés (biométhanisation), permettra une meilleure gestion des déchets, une préservation de l'environnement et un développement ainsi qu'une diversification des ressources énergétiques (énergies alternatives). Par ailleurs, cette matière organique, au niveau local, permettra de produire de l'énergie à moindre coût pour la cuisson, le chauffage, l'éclairage, et des engrais à haut potentiel fertilisant (boues stabilisées) comme amendements pour les terres agricoles (TOU *et al.*, 2001).

Le biométhane reste une énergie méconnue en Algérie et même si elle ne fait pas partie de nos traditions socioculturelles et économiques, elle doit représenter la meilleure solution pour les problèmes déjà évoqués (TOU *et al.*, 2001) .

Tableau 5 : Rendement de production de biogaz en fonction de la nature du substrat

Déchets animaux	Rendement moyen l/kg de M.S.
Bouses de vaches	200
Crottin de chevaux	200
Fientes de volailles	310
Fumier de moutons	135
<u>Eaux d'égouts</u>	340

### 1.8.2. Le compostage

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

#### **B. Exemple de compostage en Tunisie :**

La valorisation des déchets solides par la réutilisation dans la fertilisation des sols, en agriculture biologique présente de plus en plus d'intérêt. Depuis le dernier quart du siècle dernier, les pays développés utilisent la technique du compostage des déchets organiques pour produire un compost riche en matière organique et minérale (Anonyme 8, 2010). En Tunisie, le compostage suscite de plus en plus d'intérêt puisque l'urbanisation de plus en plus accrue, et l'exploitation de plus en plus intensive des terres agricoles ont permis de dégager des quantités importantes de déchets agricoles (Tab. 6), tout en augmentant la demande au niveau du besoin en matière organique pour la fertilisation des sols.

Tableau 6: La production des déchets solides en Tunisie (Anonyme 8, 2010).

Déchets	Quantités	%
Fumier	4 Millions T/an	50.5
Pailles de céréales	1.5 Millions T/an	18.8
Grignons d'olives	950 milles T/an	11.9
Algues marines	750 milles T/an	9.4
Fientes de volailles	650 milles T/an	8.1
Sous produits de palmier dattier	90 milles T/an	0.6
Déchets verts	50 milles T/an	1.1
Marc de raisin	9 milles T/an	0.1
Total	8 Millions T/an	100

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

**D. La valeur agronomique des composts de fumiers de volailles :** le fumier de volailles est un mélange d'excréments de volailles frais et de litière. Les fumiers de volailles proviennent essentiellement d'élevages de poulets de chair car les poules pondeuses ne sont pas élevées sur litière.

Au cours du compostage, les éléments fertilisants augmentent, le rapport C/N et la matière organique diminuent. Ainsi, pour un compost mûr, le C/N est bas (<8-9) et le taux d'azote est élevé. Les taux d'azote organique sont plus élevés dans les composts par rapport aux fumiers d'origine surtout pour le poulet (+25 %) contre les dindes (+6%). Le taux d'azote ammoniacal est quand à lui très voisin des taux de départ car il se reconstitue au fur et à mesure qu'il y a des dégagements gazeux. Contrairement aux autres les composts de fumiers de volailles contiennent une proportion notable d'azote ammoniacal (15 à 20 % de l'azote total du compost). Le reste de l'azote est sous forme

organique et la minéralisation nette de l'azote organique en % de l'azote organique total apporté est de 44 %. Pour un compost de volaille 20 à 30 % de l'azote est utilisable par les plantes la première année. En effet, environ 30% de l'azote est minéral ( $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NO}_3^-$ ) la première année, 20% de l'azote organique est minéralisé dans l'année qui suit et 50% de l'azote organique est minéralisé les années suivantes.

Par ailleurs, les taux de  $\text{P}_2\text{O}_5$  et de  $\text{K}_2\text{O}$  sont concentrés dans le compost surtout dans ceux issus des dindes. Le taux de soufre est supérieur à celui du fumier d'origine.

C'est le compost d'engrais de ferme qui apporte le plus d'azote aux cultures, en comparaison des composts de fumier de porcins ou de bovins, et ce grâce à sa richesse en azote et à la meilleure utilisation de cet azote après épandage. Ainsi, le compost de fumier de volailles est une matière fertilisante à faible capacité amendante. Elle a un plus grand pouvoir fertilisant que les composts vu précédemment. (Anonyme 10, 2000).

### 1.8.3. Le vermicompostage (lombricompostage).

**A. Définition :** Le lombricompostage est un procédé de biooxydation et stabilisation de la matière organique grâce à l'action combinée des microorganismes et des lombriciens, il donne un compost qui ne requiert pas de phase thermophile caractéristique du compostage. Ce compost appelé lombricompost est de haute qualité notamment en raison de son excellente structure granulaire. (SAINT PIERRE *et al.*, 2010)

Ce procédé est plus rapide que le compostage, c'est le passage du substrat par les intestins des vers de terre qui sont riche en microorganismes et en régulateurs de croissance; il s'agit d'une différence de rapidité significative mais pas encore bien compris.

Ainsi, les vers de terre, par un type d'alchimie biologique, sont capables de transformer nos déchets en or (NAGAVALLEMMMA *et al.*, 2004).

**B. Les vers de terreau:** Le ver de fumier (*Eisenia fetida*) est de petite taille, il ne dépasse pas 5 à 8 cm de longueur. Il ne peut survivre sans quantités suffisantes de matières organiques, c'est pourquoi on le retrouve seulement dans les tas de fumier ou de compost et non pas dans les sols des jardins et des champs (BUCH, 1991). On reconnaît facilement le ver de fumier à sa couleur rosée et à ses anneaux clairs, presque jaunes (BUCH, 1991).

Il est communément utilisé pour les élevages à grande échelle en Amérique du Nord (TOMLIN, 1981). Ces élevages intensifs sont pour le compostage des déchets organiques et la fabrication de protéines. Ce ver est très prolifique. Il se reproduit bien à des températures variant de 20 °C à 25 °C. Le ver du fumier est adapté pour exploiter les matières organiques en décomposition rapide telles que le fumier ou la végétation. Il vit en conditions de forte densité, ce qui signifie qu'il est possible d'en élever de grand nombre dans un espace restreint (TOMLIN, 1981).

**C. Reproduction :** Ils se reproduisent rapidement et peuvent dans des conditions favorables, avoir une durée de vie supérieure à 600 jours (VENTER *et al.*, in OUAHRANI (2003)). Ils peuvent atteindre sa maturité sexuelle observable au développement du clitellium en 4 à 6 semaines, après l'éclosion (FAYOLLE in OUAHRANI (2003)).

La reproduction des cocons par *Eisenia fetida* est maximale les trois premiers mois de la vie adulte, et peut se poursuivre pendant au moins 500 jours. Après accouplement, le cocon se forme en 2 à 4 jours (FAYOLLE in OUAHRANI (2003)).

Les cocons, une capsule ayant la forme d'un citron et aux dimensions approximatives de 6 mm de longueur par 4 mm de largeur, qui contiennent les œufs fécondés. Habituellement, les cocons éclosent au bout de 14 à 21 jours, quand les conditions sont favorables, et donnent de un à deux vers. Si les conditions de température et d'humidité ne sont pas favorables les capsules demeurent intactes en attendant de meilleures conditions. Les capsules peuvent survivre à des conditions adverses de sécheresse et de chaleur où les vers de terre ne survivraient pas (Anonyme 11, 2009).

**CHAPITRE II**

**MATERIEL**

**ET**

**METHODES**

## 2.1. La valorisation des fientes de poulets de chair

Le but de notre essai est, de valoriser les fientes de poulet, par lombricompostage. Pour ce faire, un essai expérimental a été mené au laboratoire pendant 30 semaines (février à septembre 2010), suivi d'un test de germination qui a duré 15 jours. L'expérimentation à durer en tout 8 mois.

Nous présentons successivement, le plan d'expérience, les différentes étapes du

montage, les paramètres suivis, le test de germination mené et les méthodes statistiques utilisées.

### 2.1.1. Plan d'expérience

Les résultats d'El GACI *et al.*, (2008), ont montré que les fientes de poulet sont toxiques à cause de leur richesse en azote entre autre. Afin de diminuer cette toxicité nous avons enrichi les fientes(A), par un apport de substances riche en carbone (carton(B), coquille d'œuf(C)) dont les proportions ont été déterminées à partir d'un plan simplex centré sous les contraintes suivantes :

35 % <Fientes < 70%

25%<carton<50%

5%<coquilles d'œufs < 15% c'est-à-dire :5% et 15% du mélange total (Tab.7)

Le schéma expérimentale (Fig.2) est constitué des 5 mélanges L1, L2, L3, L4 et L5, chacun est répété 3 fois et contenant respectivement les proportions de 70%, 60%, 52.5%, 45% et 35% de fiente.

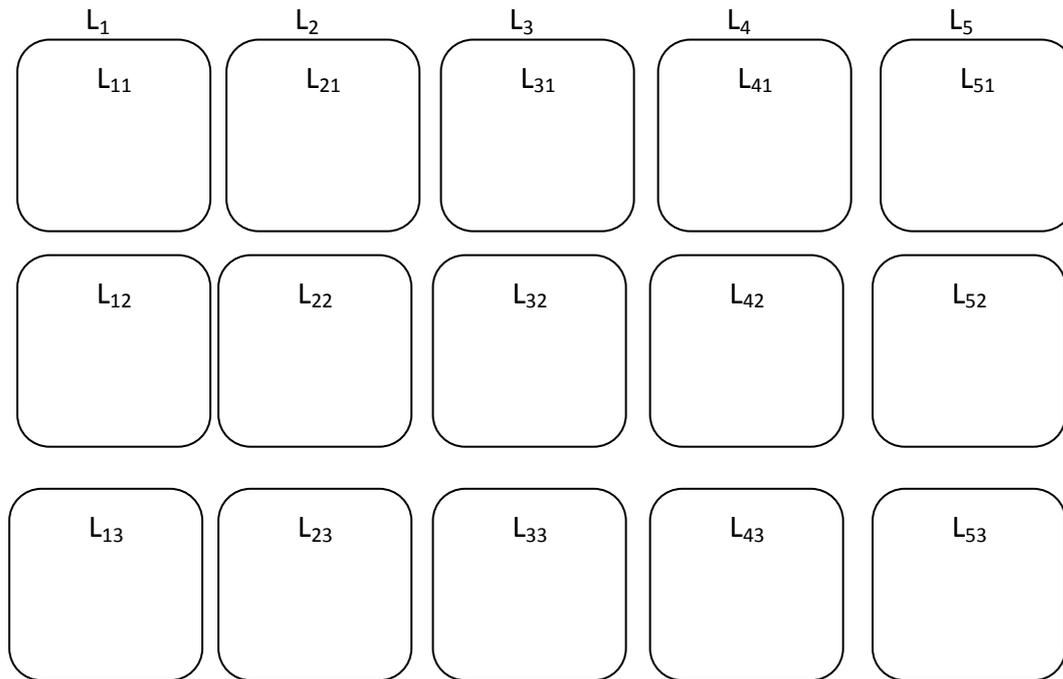


Figure 2 : Plan d'expérience

Tableau 7: Proportions (%) fiente, carton, et coquille d'œuf utilisés dans L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub> et L<sub>5</sub>

Composition	L1	L2	L3	L4	L5
Fiente	70%	60%	52,50%	45%	35%
Carton	25%	25%	37,50%	50%	50%
Coquilles	5%	15%	10%	5%	15%

### 2.1.2. Montage proprement dit :

#### A. Préparation des lombricompostières :

Nous avons préparé 15 boîtes en plastique (L=23.5 cm, l= 15.5cm, H=12cm). Les boites sont préalablement trouées (aération, évacuation de lixiviat) et tapissées d'une moustiquaire afin d'éviter que les vers de terre ne fuient, puis nous les avons pesé. Nous les dénommons "lombricompostière"

**B. Mise en place de la litière:**

Les 15 lombricompostières préparées précédemment ont été remplies au 2/3 par de la sciure de bois et de carton bien humidifiée. Nous ajoutons et mélangeons au substrat 10 billes (5,66 g) en verre pour augmenter la porosité du substrat. Cette composition : sciure, carton et billes est appelée litière. Les lombricompostières ainsi préparées sont encore pesées.

**C. Mise en place des vers de terre :**

- **a) choix de l'espèce** : les vers de terre utilisés sont de l'espèce *Eisenia fetida* appelée communément vers de terreau. Ce choix a été fait, vu que cette espèce de vers de terre a un goût prononcé pour les matières organiques. En effet, ils sont très voraces et consomment chaque jour l'équivalent de leur propre poids en déchets organiques.
- **b) nombre d'individus** : dans les lombricompostières destinées au lombricompostage, nous avons introduit 5 g de vers de terre (≈ 14 individus).

**D. La mise en place des déchets :**

- **Choix des déchets testés**: les déchets destinés au lombricompostage sont les fientes de poulets de chair mélangés avec le carton et les coquilles d'œufs dont les proportions sont portées sur le tableau 7 pour éviter la mortalité des vers de terre.
- **Quantité de déchets introduits**: il a été mis 250 g de substrat dans les lombricompostières (tab 8)

Tableau 8: Composition de chaque lombricompostières lors de l'expérience

Composition de lombricompostières	Symboles des lombricompostières
Litières (sciures + carton humidifiés +10 bille en verre) + 5g de vers de terre + 250g de substrat (175g fientes + 62.5g carton + 12.5g coquilles d'œufs)	L11, L12, L13
Litières (sciures + carton humidifiés +10 bille en ver) + 5g de vers de terre + 250g de substrat (150g fientes + 62,5g cartons + 37.5 g coquilles d'œufs)	L21, L22, L23
Litières (sciures + carton humidifiés +10 bille en ver) + 5g de vers de terre + 250g de substrat (131.25g fientes + 93.75 g cartons + 25 g coquilles d'œufs)	L31, L32, L33
Litières (sciures + carton humidifiés +10 bille en ver) + 5g de vers de terre + 250g de substrat (112.5g fientes + 125 g cartons + 12,5g coquilles d'œufs)	L41, L42, L43
Litières (sciures + carton humidifiés +10 bille en ver) + 5g de vers de terre + 250g de substrat (87.5g fientes + 125 g cartons + 37,5g coquilles d'œufs)	L51, L52, L53

Nous espérons que cette étude comparative permettra de décrire le comportement de chaque mélange de lombricompostière afin d'apporter les corrections nécessaires pour un meilleur lombricompostage des fientes.

## **2.2. Paramètres déterminés:**

### **2.2.1. Paramètres physico-chimiques:**

Nous avons suivi mensuellement le poids frais, le pH, la température, le potentiel d'oxydo-réduction, le taux de nitrate, la matière organique (% M.O), le carbone (%C) et le taux d'azote total (%N).

#### **A. Évolution mensuelle de la température (°C) :**

Nous avons déterminé la température (T°C) dans les lombricompostière avec un thermomètre à sonde (IONMETER).

#### **B. Évolution mensuelle du poids (g) du substrat:**

L'évolution du poids frais du substrat (g) dans les 15 lombricompostières était suivie mensuellement à l'aide d'une balance analytique.

#### **C. Évolution mensuelle du pH:**

Les mesures du pH dans les 15 lombricompostières étaient suivies mensuellement au pH-mètre à sonde par l'appareil IONMETER.

**D. Évolution mensuelle du potentiel d'oxydo-réduction :**

Le potentiel d'oxydo-réduction(mV) des 15 lombricompostières était mesuré par la sonde de l'appareil IONMETER .

**E. Évolution mensuelle du taux des ions nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**

Le taux de nitrate dans les 15 lombricompostières était déterminé par la sonde de l'appareil IONMETER les valeurs de nitrates sont exprimées par ppm.

**F. Évolution mensuelle du taux de carbone (%C):****Détermination de la matière organique et des cendres (NT.76.04, 1983)**

**Dosage du carbone :** La méthode cendres

Cette méthode a été utilisée pour déterminer le pourcentage du carbone (%C).

Après évaporation de l'échantillon (M = 10 g) à 105°C, on place les creusets en porcelaine qui contiennent la matière sèche dans un four à moufle à chauffage électrique à 600°C pendant douze heures afin de calciner la matière organique(MO).

La matière organique MO est déterminée par simple calcul de la différence entre la matière sèche MS et la matière minérale MM. (Anonyme 12,2000).

Les résultats sont exprimés en pourcentage de la matière sèche.

$$\% \text{ MO} = \frac{MS-MM}{MS} \times 100$$

Le % carbone est établie par

$$\% \text{ C} = \frac{\% \text{ MO}}{2}$$

**G. Évolution mensuelle du taux d'azote (%):**

L'azote total est déterminé par la méthode Kjeldahl qui s'est déroulé sur deux étapes :

- La minéralisation de l'échantillon de masse égale à 1g par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur (sulfate de cuivre + sulfate de sodium) pendant 2 heures,
- une distillation et un titrage de l'ammoniac libéré se fait en dernière étape à l'aide d'une solution d'acide sulfurique de concentration égale à 0.02 Normale.

L'azote total Kjeldahl est donné par :

$$\% N = V_{\text{TITRATION}} \times 0.195 \times \text{Masse de prise de l'essai}$$

**H. Évolution mensuelle d'humidité :**

C'est le pourcentage d'eau contenue dans une masse de déchets de fiente de poulets de chair

$$H\% = \frac{Pf - Ps}{Pf} \times 100$$

*Pf*: poids frais.

*Ps* : poids sec.

### **2.2.2. Paramètres biologiques:**

Les paramètres biologiques suivis sont : la biomasse fraîche (g) des vers de terre et leurs effectifs dans les différentes lombricompostières.

#### **A. Détermination de la biomasse (g):**

La biomasse fraîche des vers de terre a été déterminée mensuellement à l'aide d'une balance analytique.

#### **B. Détermination de l'effectif:**

La détermination de l'effectif de vers de terre a été faite par un simple comptage à l'œil nu avec détermination du stade de développement (cocons, juvéniles et adultes).

### **2.3. Test de germination :**

Un test de germination avec des grains d'orge a été effectué pour déterminer la qualité du lombricompost selon la méthode (Fig.3):

Des pots ont été rempli de différents mélanges sol/bioengrais avec des rapports volumétrique de 0/1, 1/3 ,1/1 ,3/1, 1/0. Pour chaque proportion nous avons fait 3 répétitions. Ainsi 75 pots ont été préparés.

Procédé	Rapport sol/bioengrais
L1	0/1   1/3   1/1   3/1   1/0
L2	0/1   1/3   1/1   3/1   1/0
L3	0/1   1/3   1/1   3/1   1/0
L4	0/1   1/3   1/1   3/1   1/0
L5	0/1   1/3   1/1   3/1   1/0

Figure3 : Plan d’expérience pour le test de germination utilisé.

Après le semi d'un échantillon d'environ 10 graines pour chaque milieu, les paramètres mesurés sont le pourcentage de germination et la phytomasse sèche (g) des plantules (stade 3 feuilles).

Selon WHO, 1978. Le pourcentage de germination est donné par la relation suivante

$$\% \text{ de germination} = 100 \times \frac{NT}{10} \times \frac{NC}{10}$$

Où : NT= nombre de graines germées dans le traitement

NC= nombre de graines germées dans le témoin

## 2.4 Méthodes statistiques

Dans ce travail en plus des statistiques élémentaires nous avons eu recours aux techniques suivantes :

**A. l'analyse de la variance (ANOVA):** a essentiellement pour objectif d'étudier la variation d'un ou de plusieurs facteurs mesurés sur des échantillons provenant de la réalisation d'un plan expérimental préétabli. Les observations obtenues sont alors modélisées en conséquence, et les résultats des analyses statistiques associées sont souvent résumés dans une table d'ANOVA.

Le modèle associé pour étudier les variations des différents milieux aux cours des séances d'observations est le suivant :

$$Y_{smr} = \mu + \alpha_s + \beta_m + \gamma_{sm} + \varepsilon_{smr} \text{ où :}$$

$\mu$  = effet moyen ;

$\alpha_s$  = effet mois.

$\beta_m$  = effet milieu (lombricompostières)

$\gamma_{sm}$  = effet interaction (milieu – mois)

$\varepsilon_{smr}$  = erreur résiduelle

$Y_{smr}$  = représentera l'une des caractéristique mesurée : le pH, la température T°C ou le poids frais.

### **B. L'analyse multivariée (MANOVA) :**

L'analyse multivariée (MANOVA) est simplement une ANOVA avec plusieurs variables dépendantes. C'est-à-dire l'ANOVA teste pour la différence entre des moyennes entre deux ou plusieurs facteurs, tandis que la MANOVA teste pour la différence entre deux ou plusieurs ensembles de variables (FRENCH et *al.* ; 2005).

**C. L'analyse de corrélation canonique (ACC) :**

L'analyse de corrélation canonique est une procédure permettant d'estimer les relations entre des variables. Plus précisément, ce module nous permet d'étudier la relation entre deux ensembles de variables. Puisque les corrélations font référence aux composantes canoniques, elles sont appelées corrélations canoniques. Les corrélations entre les composantes canoniques successivement extraites sont de plus en plus faibles. Il est courant de reporter la plus forte corrélation, c'est-à-dire celle de la première composante. Toutefois, les autres composantes canoniques peuvent également être corrélées de manière explicite et interprétable (Anonyme13, 2011).

**Significativité des composantes :** Le test de significativité des corrélations canoniques est assez simple. Les différentes corrélations canoniques sont testées, une à une, en commençant par la plus forte. Seules les composantes statistiquement significatives sont retenues pour l'interprétation (Anonyme13, 2011).

# **CHAPITRE III**

## **RESULTATS ET DISCUSSIONS**

### 3.1. Résultats et discussion des paramètres physicochimiques :

Le tableau 9, présente les intervalles de confiance à 95% des moyennes des variables physico-chimiques « température (°C), Pf (g), pH, Potentiel d'oxydo-réduction (mV), taux du nitrates (ppm), %H, % MO,%C, %N et C/N » enregistrées pendant les 8 mois d'étude : février, mars, avril, mai , juin, juillet, aout et septembre dans le lombricompostage des fientes de poulets de chair.

Tableau 9 : Moyenne  $\pm$  intervalle de confiance à 95% (% intervalle de confiance) des variables (T°C, Pf (g), pH, potentiel d'oxydoréduction (mV), taux du nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (ppm), %H, %C , %N et le rapport C/N)) étudiées dans le lombricompostage des fientes de poulets de chair) et leurs valeurs extrêmes entre parenthèse.

	L1	L2	L3	L4	L5
T°C	[23,54 $\pm$ 1,66] (14,8-30,1)	[22,55 $\pm$ 1,51] (12,8-30,1)	[22,34 $\pm$ 1,44] ([13,9-28,8)	[22,74 $\pm$ 1,51] (13,9-29,1)	[22,4 $\pm$ 1,47] (14,1-28,4)
Poids frais(g)	[187,77 $\pm$ 41,75] (10-510)	[199,44 $\pm$ 39,97] (10-370)	[161,22 $\pm$ 42,59] (10-480)	[190,33 $\pm$ 43,73] (20-450)	[186,77 $\pm$ 42,98] (10-480)
pH	[7,1 $\pm$ 0,43] (4,24-9)	[7,38 $\pm$ 0,22] (5,53-8,87)	[7,55 $\pm$ 0,16] (5,53-10,2)	[7,36 $\pm$ 0,29] (5,53-10,2)	[7,53 $\pm$ 0,21] (6,57-9)
Potentiel d'oxydo-réduction(mv)	[14,37 $\pm$ 26,71] ((-103) - 172)	[-17,63 $\pm$ 6,62] ((-115) - 52)	[-28,56 $\pm$ 11,4] ((-84) - 87)	[-8,97 $\pm$ 15,93] ((-84) - 87)	[-24,24 $\pm$ 12,38] ((-112) - 24)
NO <sub>3</sub>	[5,16 $\pm$ 4,98] (0-59,7)	[11,03 $\pm$ 7] (0,19-76,41)	[10,22 $\pm$ 6,3] (0,03-84,52)	[14,3 $\pm$ 14,88] (0.01-188)	[12,22 $\pm$ 7,75] (0.33-101)
% H	[57,31 $\pm$ 11,64] (27.5-80)	[54,14 $\pm$ 9,03] (27-70)	[52,77 $\pm$ 11,02] (30-75)	[56,66 $\pm$ 12,63] (20-79)	[54,77 $\pm$ 9,59] (33-76)
% MO	[67.72 $\pm$ 13.11] (27.04-90)	[64.7 $\pm$ 12.73] (40.5-88.1)	[73.44 $\pm$ 9.54] (42-90.32)	[71.6 $\pm$ 9.94] (44.32-90)	[73.18 $\pm$ 8.01] (50-88.22)
% C	[34,27 $\pm$ 5,77] (23.52-45)	[32,4 $\pm$ 6,34] (20.5-40.05)	[36,72 $\pm$ 4,77] (21-45.16)	[35,8 $\pm$ 4,97] (22.16-45)	[36,59 $\pm$ 4,00] (25-44.11)
% N	[2,32 $\pm$ 0,5] (1.248-3.06)	[1,78 $\pm$ 0,36] (0.93-2.35)	[1,51 $\pm$ 0,17] (1.2-1.83)	[1,48 $\pm$ 0,24] (0.89-1.95)	[1,38 $\pm$ 0,31] (0.877-2.24)
C/N	[15,78 $\pm$ 4,6] (9.41-30.77)	[19,3 $\pm$ 5,73] (10.4-32.7)	[24,51 $\pm$ 3,61] (14.36-32.59)	[25,04 $\pm$ 5,95] (15.15-45.34)	[27,78 $\pm$ 5,24] (15.74-37.8)

### 3.1.1.Évolution mensuelle de la température (T°C):

Le tableau 9, montre que les moyennes des températures (T°C) relevées, sont de [23,54±1,66], [22,55±1,51], [22,34±1,44], [22,74±1,51] et [22,4±1,47] °C respectivement dans L1, L2, L3, L4 et L5. Les résultats de l'ANOVA (Tab.10) indiquent qu'il y a un effet temps très significatif (Fig.4) et un effet milieu très significatif (Fig.5).

Tableau 10 : Résultats de l'ANOVA pour la variable T°C dans les milieux L1,L2,L3 ,L4 et L5.

	SC	Degré de liberté	MC	F	p
Ord.Orig.	231412,6	1	231412,6	65843,78	0,000000
mois	4415,5	7	630,8	179,48	0,000000
milieu	90,4	4	22,6	6,43	0,000050
mois×milieu	44,1	28	1,6	0,45	0,993960
Erreur	1441,0	410	3,5		

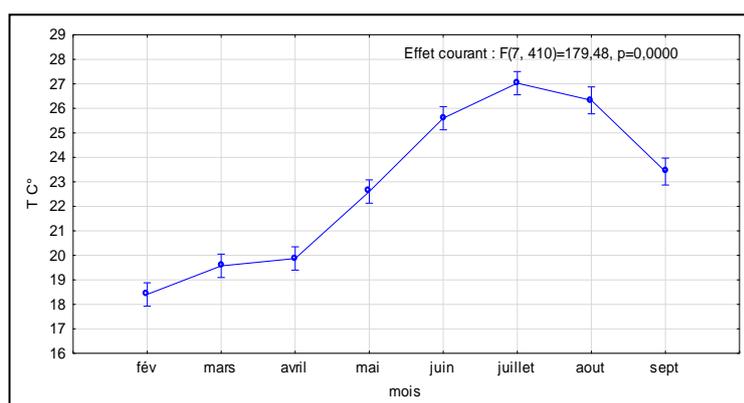


Figure4 : Évolution des moyennes des Températures (T°C) dans les différentes lombricompostières.

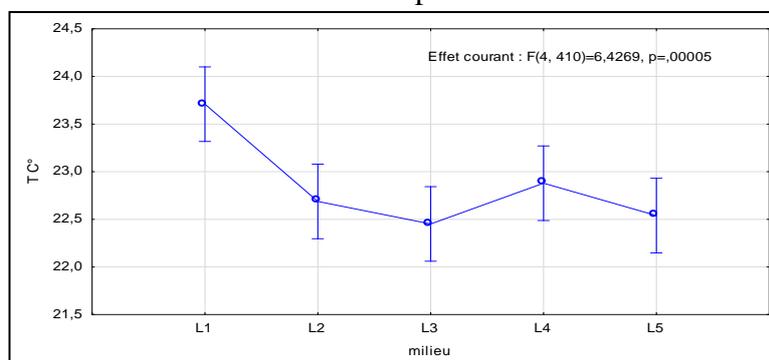


Figure 5 : Moyennes des températures (T°C) dans chacun des milieux L1, L2, L3, L4 et L5.

La moyenne la plus élevée est enregistrée dans le milieu L1 (75% de fientes) en revanche la moyenne la plus basse est enregistrée dans le L3 (52.5% de fientes) (Tab. 9).

Le suivi de la température est une mesure indirecte de l'intensité de la dégradation de la matière organique (ALBRECHT, 2007).

D'après la figure 4, nous constatons durant les trois premiers mois une augmentation légère de la température ce qui reflète une dégradation lente des fientes, à partir du mois de mai la température s'est élevée de 19 à 22.5 allant jusqu'à 25 °C ce qui peut être expliqué par une dégradation intense de fiente par les vers de terre.

Selon, GRANT, (1955), STUKAMOTO *et al.*, (1977) cité par OUAHRANI, (2003), la température préférable pour *Eisenia fetida* serait comprise entre 15,7°C et 23,2 °C. ST-PIERRE *et al.*, (1988), montre que l'espèce *Eisenia fetida* utilisée, dans le processus de lombricompostage, peut tolérer les températures entre 0 et 35°C ; mais leurs multiplication est optimale quand la température est de l'ordre de 25 à 30°C (NAGAVALLEMMMA *et al.*, 2004). Nous déduisons que dans notre cas, les températures enregistrées (Fig.5) dans les milieux L1 ,L2,L3, L4 et L5 avec les valeurs moyennes de [23,54±1,66] , [22,55±1,51] , [22,34±1,44] , [22,74±1,51] et [22,4±1,47] °C sont favorables pour le déroulement du lombricompostage des fientes. Elles sont adéquates à la vie des lombriciens et à l'activité microbienne. Les mêmes résultats ont été obtenus par ABED (2006), BOUDJNAH & KHODJA (2008), EL-GACI *et al.*, (2008) et CHENNOUF & FOUGHALI (2009).

### 3.1.2.Évolution mensuelle du poids frais :

Concernant, les moyennes du poids frais (g) du substrat relevées durant les 8 mois sont [187,77±41,75], [199,44±39,97], [161,22±42,59], [190,33±43,73] et [186,77±42,98] g respectivement pour les milieux L1, L2, L3, L4 et L5. La moyenne la plus élevée correspond au L2 (60% fientes) et la plus basse au L3 (52.50% de fientes). Les résultats de l'ANOVA (Tab. 11) montrent un effet temps (Fig.6).

Tableau 11 : Résultats de l'ANOVA pour la variable poids frais (g).

	SC	Degré de liberté	MC	F	p
Ord.Orig.	4805359	1	4805359	1083,648	0,000000
mois	907523	7	129646	29,236	0,000000
milieu	11045	4	2761	0,623	0,647669
mois×milieu	84490	28	3017	0,680	0,873647
Erreur	354754	80	4434		

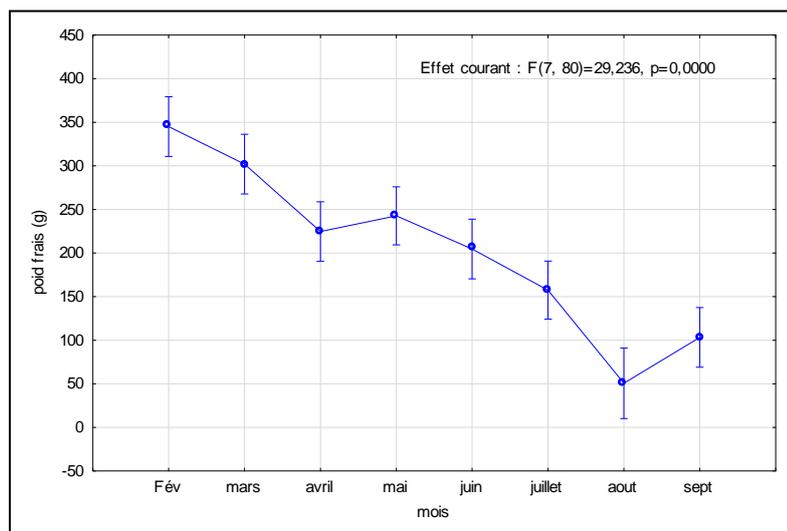


Figure 6 : Évolution mensuelle des moyennes du poids frais (g) dans les différentes lombricompostières.

Ainsi, la biodégradation de la matière organique s'accompagne d'une perte de poids dans les différentes lombricompostières, aussi le substrat diminue chaque mois. Nous remarquons que le poids a subi une augmentation au mois de mai, toutefois il continue de diminuer (Fig.6). Ce résultat montre que les déchets de fientes de poulets de chair se dégradent dans le temps (Fig.6).

### 3.1.3. Évolution mensuelle du pH :

Le suivi du pH a donné les moyennes suivantes (Tab.9):  $[7,1 \pm 0,43]$   $[7,38 \pm 0,22]$ ,  $[7,55 \pm 0,16]$ ,  $[7,36 \pm 0,29]$  et  $[7,53 \pm 0,21]$  respectivement pour les milieux L1, L2, L3, L4 et L5. La moyenne la plus élevée correspond au L3 et la plus basse au L1 (Tab. 9). Le Tableau d'ANOVA (Tab. 12) montre un effet temps très significatif (Fig.7) et un effet milieu significatif (Fig.8).

Tableau 12 : Résultats de l'ANOVA pour la variable pH.

	SC	Degré de Liberté	MC	F	p
Ord.Orig.	6709,054	1	6709,054	42902,36	0,000000
mois	21,743	7	3,106	19,86	0,000000
milieu	2,473	4	0,618	3,95	0,005596
moisxmilieu	4,621	28	0,165	1,06	0,411743
Erreur	12,510	80	0,156		

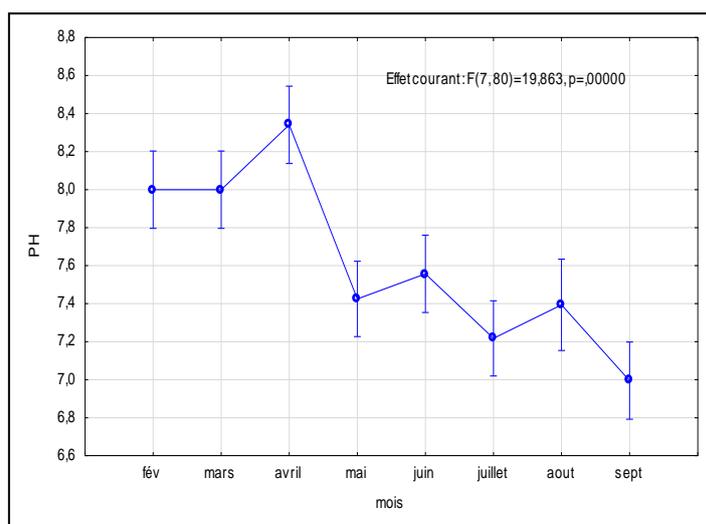


Figure 7 : Évolution des moyennes du pH dans les différentes lombricompostières.

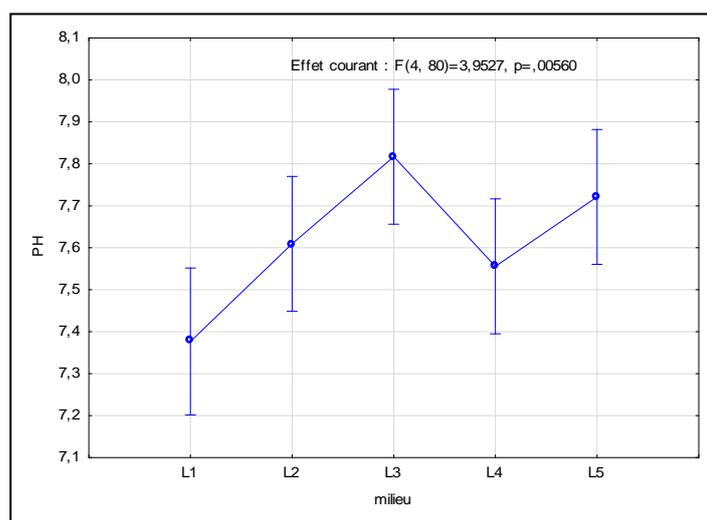


Figure 8 : Variations des moyennes du pH dans chaque lombricompostière.

Selon FAYOLLE, (1982) *Eisenia fetida* est une espèce neutrophile, elle préfère un pH entre 6 et 7, mais relativement elle peut supporter des pH allant de 4 à 9. Pour SHERMAN, (2003) les vers de terre préfèrent un pH de l'ordre de 4.2 à 8. Cependant, EL-GACI *et al.*, (2008) ont obtenu pour le lombricompostage des fientes un pH basique.

### 3.1.4.Évolution mensuelles du potentiel d'oxydo- réduction (mV) :

Le potentiel d'oxydo-réduction, ou potentiel rédox (mV), est une mesure qui indique le degré auquel une substance peut oxyder ou réduire une autre substance. Le potentiel redox se mesure en millivolts (mV) en utilisant un rédox-mètre, La mesure de cette activité électronique s'appelle le potentiel d'oxydoréduction ou le potentiel rédox. Une oxydation signifie qu'un ion ou une molécule perd des électrons. Une oxydation s'accompagne

automatiquement d'une réduction ou gains d'électrons, si bien qu'on parle d'une réaction d'oxydoréduction réversible.

Très généralement, le potentiel redox est une grande importance dans le déroulement chimique et biochimique (biologique) de la nature, de nombreux processus vitaux en dépendent (respiration).

Des redox hauts se rencontrent par forte teneur en oxygène, alors que des redox bas sont le fait d'un manque d'oxygène entraînent le plus souvent un phénomène de réduction (situation anaérobie).

La réduction (manque d'oxygène) peut avoir pour cause un excès de nourriture et conduire à la transformation en ammonium et en nitrite (Anonyme 14, 2011)

Ainsi, le suivi du potentiel d'oxydo-réduction au cours du processus de lombricompostage, nous a permis d'enregistrer les moyennes suivantes [14,37±26,71],[ -17,63±6,62], [-28,56±11,4], [-8,97±15,93] et [-24,24±12,38] mV, respectivement dans L1, L2, L3, L4 et L5.

L'analyse statistique de l'ANOVA (Tab.13) révèle une variation très significative du potentiel d'oxydo réduction pendant la durée de l'expérimentation (Fig.9), en outre, la variation due aux compositions des lombricompostières n'est pas significative.

Tableau 13: Résultat de l'ANOVA pour la variable potentiel d'oxydo réduction.

	SC	Degré de liberté	MC	F	p
Ord.Orig.	46313,3	1	46313,27	44,89763	0,000000
mois	101927,0	7	14561,00	14,11592	0,000000
milieu	10153,8	4	2538,46	2,46087	0,051895
moisxmilieu	33255,1	28	1187,68	1,15138	0,306229
Erreur	82522,4	80	1031,53		

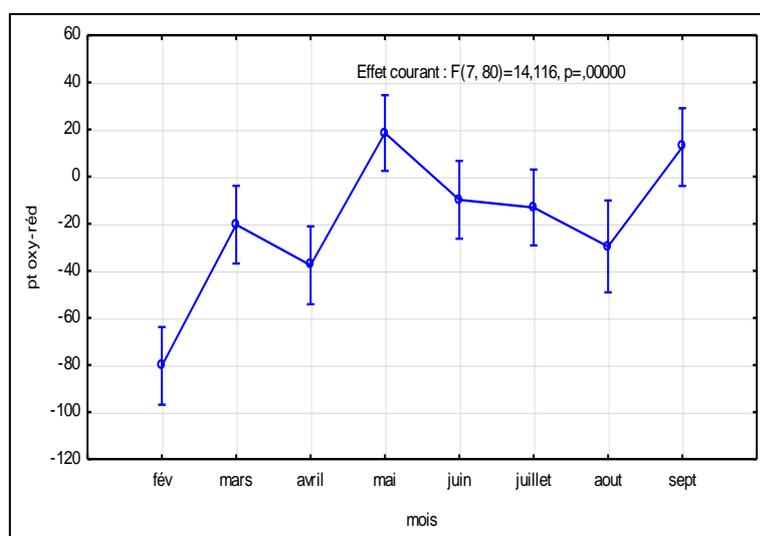


Figure 9 : Évolution des moyennes du potentiel d'oxydo-réduction dans les différentes lombricompostières.

### 3.1.5.Évolution mensuelle du taux du nitrate $\text{NO}_3^-$ (ppm) :

Pour ce qui est des moyennes de  $\text{NO}_3^-$  (ppm) obtenus durant les 8 mois sont  $[5,16 \pm 4,98]$ ,  $[11,03 \pm 7]$ ,  $[10,22 \pm 6,3]$ ,  $[14,3 \pm 14,88]$  et  $[12,22 \pm 7,75]$  ppm respectivement pour les milieux L1, L2, L3, L4 et L5. Le tableau de l'ANOVA (Tab.14) révèle un effet temps très significatif (Fig.10) et un effet milieu très significatif (Fig.11) et un effet significatif en fonction du temps et du milieu (Fig.12).

Tableau 14 : Résultat de l'ANOVA pour la variable nitrate (ppm).

	SC	Degré de liberté	MC	F	p
Ord.Orig.	15090,97	1	15090,97	290,2750	0,000000
mois	18903,82	7	2700,55	51,9450	0,000000
milieu	866,92	4	216,73	4,1688	0,004061
moisxmilieu	3162,33	28	112,94	2,1724	0,003787
Erreur	4159,08	80	51,99		

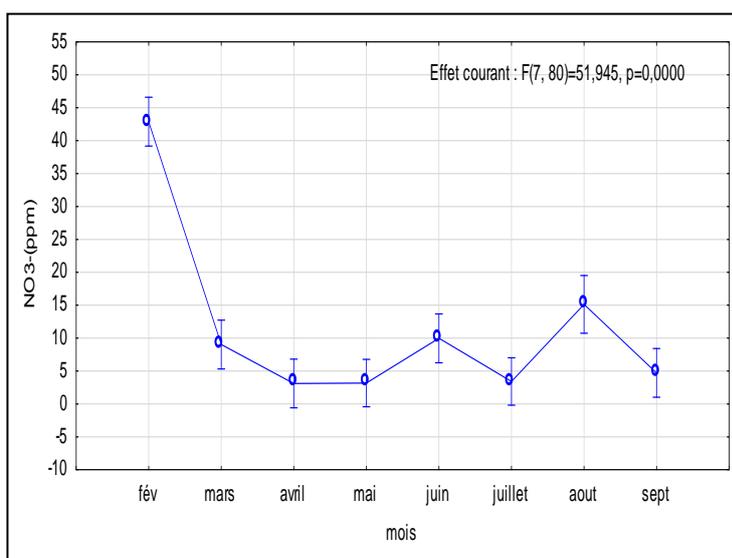


Figure 10 : Évolution des moyennes des nitrates ppm dans les différentes lombricompostières.

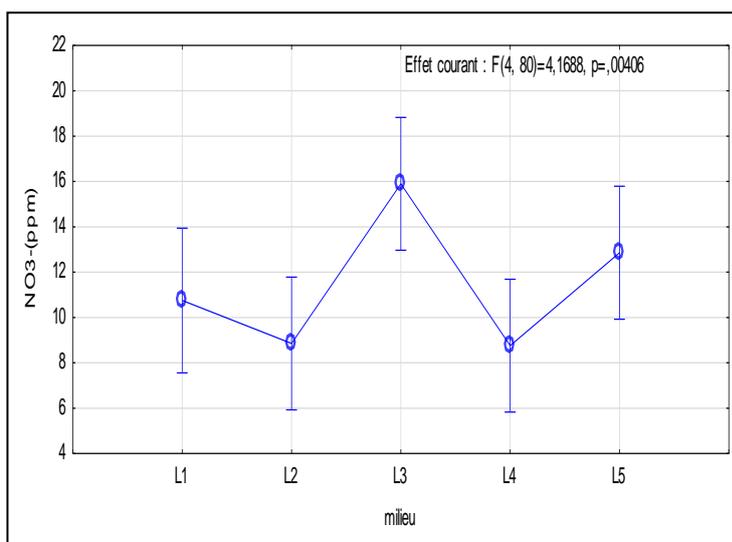


Figure 11 : Moyennes des nitrates (ppm) dans les différentes lombricompostières.

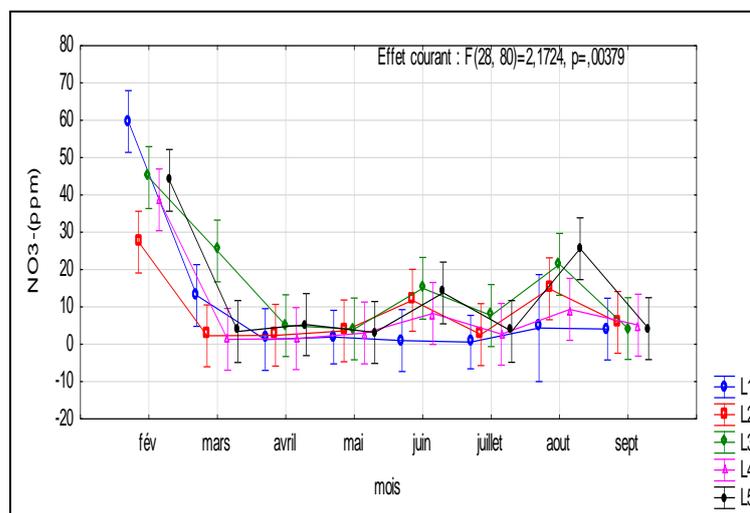


Figure 12 : Évolution mensuelle du nitrate (ppm) dans les différentes lombricompostières.

L'évolution mensuelle du nitrate (ppm) au cours du processus de lombricompostage (Fig.12) montre qu'au départ le taux des nitrates est très élevé dans tous les milieux avec un maximum dans L1 de 60 ppm, ce taux subit ensuite une diminution graduelle au cours du temps jusqu'à la stabilisation à une valeur minime de l'ordre de 1 ppm à la fin du lombricompostage.

### 3.1.6 Évolution mensuelles du % d'humidité (%H):

Le taux de l'humidité (%H) au cours du processus de lombricompostage est en moyenne de  $[57,31 \pm 11,64]$ ,  $[54,14 \pm 9,03]$ ,  $[52,77 \pm 11,02]$ ,  $[56,66 \pm 12,63]$  et  $[54,77 \pm 9,59]$  %H respectivement pour les milieux L1, L2, L3, L4 et L5. L'analyse de l'ANOVA pour le % H (Tab.15) montre qu'il y a un effet temps très significatif (Fig.13) et un effet temps  $\times$  milieu significative (Fig.14).

Tableau15 : Résultats de l'ANOVA pour la variable % de l'humidité.

	SC	Degré de liberté	MC	F	p
Ord.Orig.	364526,6	1	364526,6	3847,416	0,000000
mois	7031,4	7	1004,5	10,602	0,000000
milieu	328,9	4	82,2	0,868	0,487089
Mois $\times$ milieu	4307,4	28	153,8	1,624	0,048585
Erreur	7579,7	80	94,7		

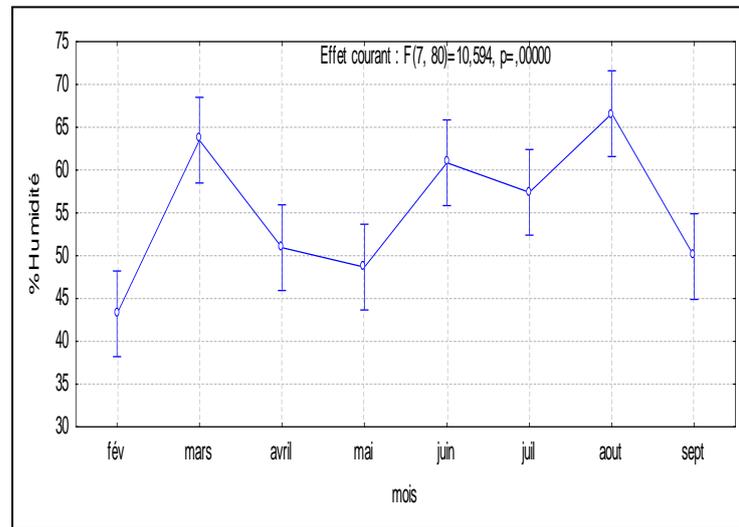


Figure 13: Évolution des moyennes de % de l'humidité dans les différentes lombricompostières.

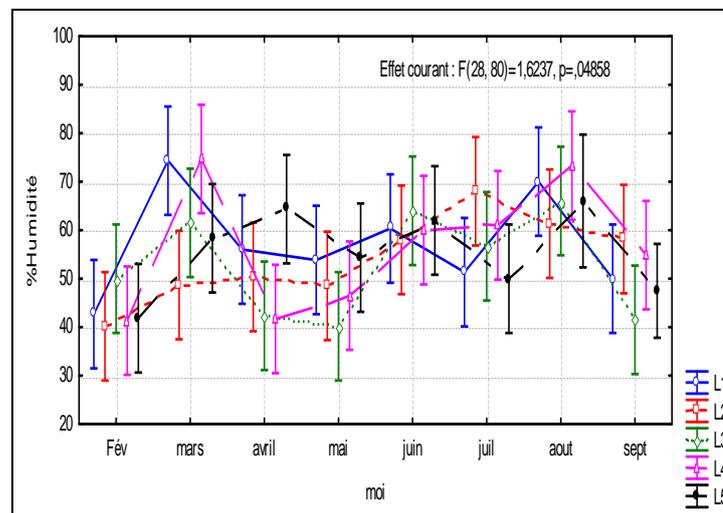


Figure14 : Évolution mensuelle de l'humidité %H dans chaque lombricompostière.

### 3.1.7. L'évolution mensuelle de la matière organique % MO :

Concernant les moyennes du taux de matière organique (%MO) obtenues pendant notre essai, elles sont de  $[67,72 \pm 13,11]$ ,  $[64,7 \pm 12,73]$ ,  $[73,44 \pm 9,54]$ ,  $[71,6 \pm 9,94]$  et  $[73,18 \pm 8,01]$  respectivement dans L1, L2, L3, L4 et L5. Le taux le plus élevé est observé dans le milieu L3 (52,5% de fientes+37,5% de carton+10% de coquilles) (Tab. 9). Ainsi, le tableau d'ANOVA (Tab.16) montre un effet temps très significatif (Fig.15) et un effet milieu significatif (Fig.16).

Tableau 16: résultats de l'ANOVA pour la variable % matière organique.

	SC	Degré de liberté	MC	F	p
Ord.Orig.	590169,2	1	590169,2	5814,562	0,000000
moi	6916,9	7	988,1	9,735	0,000000
milieu	1384,2	4	346,0	3,409	0,012583
Mois x milieu	3934,9	28	140,5	1,385	0,131709
Erreur	8119,9	80	101,5		

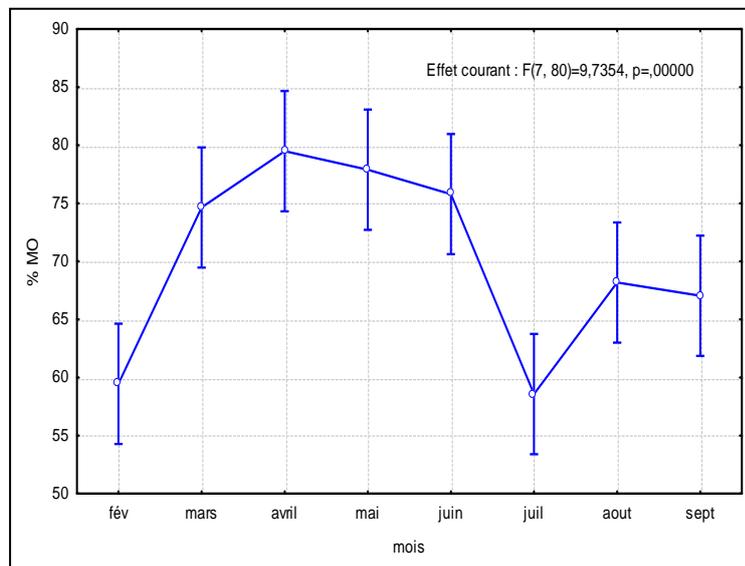


Figure 15 : Évolution des moyennes de % la MO dans les différentes lombricompostières.

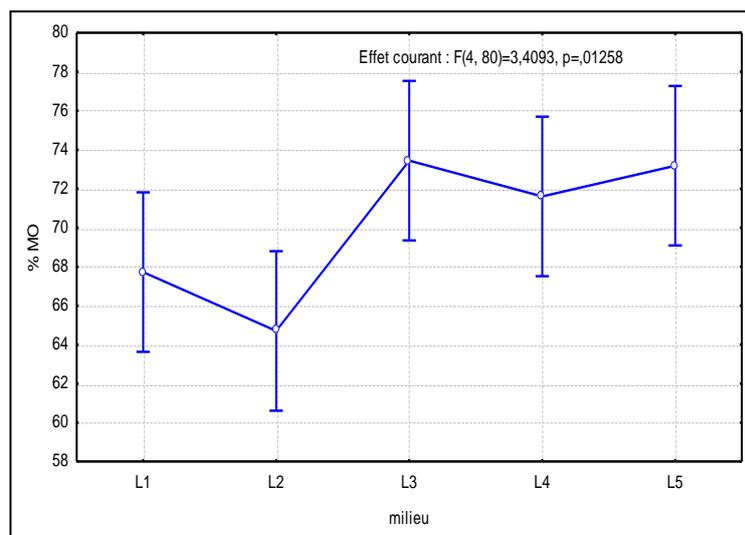


Figure 16 : Variation des moyennes % MO dans chaque lombricompostière étudiée.

### 3.1.8. Évolution mensuelles du taux de carbone :

Concernant les moyennes du %C (Tab. 9), elles sont de  $[34,27 \pm 5,77]$ ,  $[32,4 \pm 6,34]$ ,  $[36,72 \pm 4,77]$ ,  $[35,8 \pm 4,97]$  et  $[36,59 \pm 4,00]$ %C respectivement dans L1, L2, L3, L4 et L5. Le taux le plus élevé est observé dans le milieu L3 (52,5% de fientes+37.5% de carton+10% de coquilles) (Tab.9).

Les résultats de l'ANOVA pour %C (Tab.17), montrent qu'il existe un effet temps très significatif (Fig.17) et un effet milieu significatif (Fig.18).

Tableau 17: Résultats de l'ANOVA pour la variable % C.

u	SC	Degré de	MC	F	p
Ord.Orig.	147221,8	1	147221,8	6363,975	0,000000
mois	1626,3	7	232,3	10,043	0,000000
milieu	309,5	4	77,4	3,345	0,013850
Mois × milieu	953,8	28	34,1	1,472	0,092434
Erreur	1850,7	80	23,1		

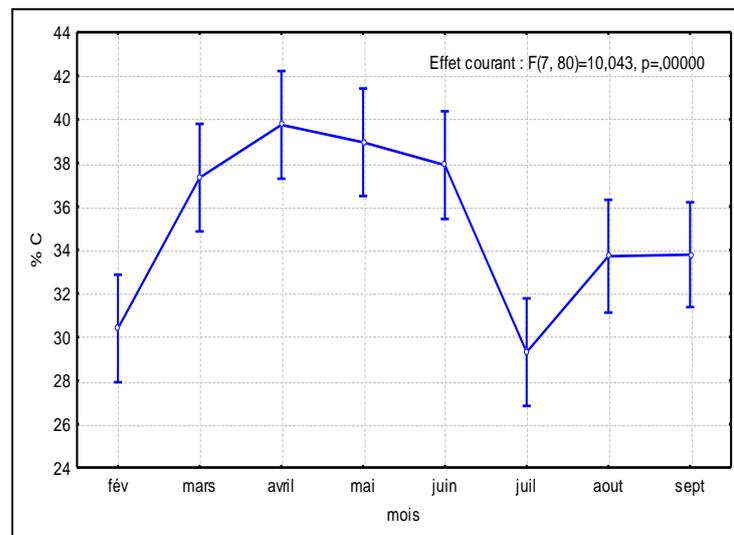


Figure 17 : Variations mensuelles des moyennes de % C dans les différentes lombricompostières

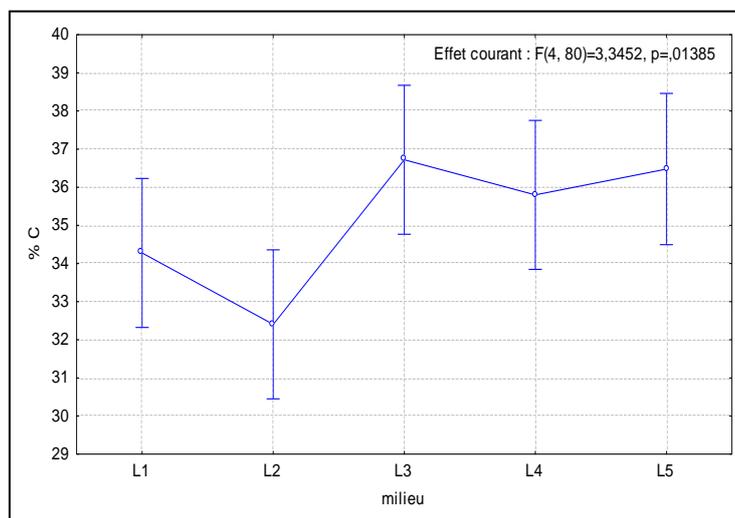


Figure 18: Variation des moyennes %C en fonction du milieu d'étude.

BOUCHE *et al.*, (1972) affirment que le taux de carbone diminue en général lors du lombricompostage. D'après ALEXANDER (1993), le carbone est perdu essentiellement par échanges gazeux ( $\text{CO}_2$ ) durant le lombricompostage.

Le taux de % C à la fin de notre essai du lombricompostage (Fig.17) est situé entre 29 et 31%C, en revanche (Anonyme15, 2009) a trouvé une valeur de  $20 \pm 3$  lors du vermicompostage des déjections avicoles.

FAYOLLE (1982) a constaté que la perte de carbone est plus importante en présence des lombriciens. Les résultats obtenus durant notre essai montrent que le taux du carbone augmente dès le début de lombricompostage jusqu'au mois de juin puis il diminue en juillet et enfin il se stabilise au deux derniers mois (Fig.17). Selon (Anonyme 2, 1991), au sein de la litière de volailles (fumier), des groupes de microorganismes peuvent dégrader complètement l'acide urique qui se trouve dans les urines des poulaillers en dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et ammoniac ( $\text{NH}_4^+$ ). Ce qui peut expliquer d'une part l'augmentation du %C au début de notre essai et d'autre part la diminution de la matière organique et du % de C à la fin s'expliquerait par l'épuisement de l'acide urique et par la dégradation de la matière organique. En effet, de semblable diminution, pendant le compostage, ont souvent été rapportées et assimilées à la minéralisation de la matière organique par les microorganismes BERNAL *et al.*, (1998).

### 3.1.9 Évolution mensuelle de l'azote total (%N).

Les moyennes du taux d'azote %N relevées pendant le lombricompostage sont  $[2,32\pm 0,5]$ ,  $[1,78\pm 0,36]$ ,  $[1,51\pm 0,17]$ ,  $[1,48\pm 0,24]$  et  $[1,38\pm 0,31]$ %N respectivement pour les milieux L1, L2, L3, L4 et L5. Les résultats de l'ANOVA (Tab.18) montre qu'il y a un effet temps très significatif (Fig.19), un effet milieu très significatif (Fig.20), de même %N varie très significativement dans le temps et dans les milieux étudiés (Fig.21).

Tableau18 : résultats de l'ANOVA pour la variable % Nt.

	SC	Degré de liberté	MC	F	p
Ord.Orig.	346,3581	1	346,3581	15555,26	0,00
mois	5,7025	7	0,8146	36,59	0,00
milieu	13,8134	4	3,4534	155,09	0,00
moisxmilieu	11,3347	28	0,4048	18,18	0,00
Erreur	1,7813	80	0,0223		

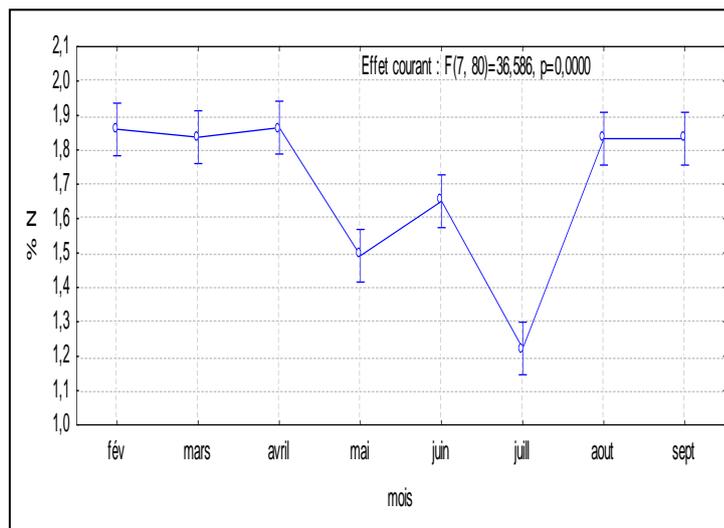


Figure19 : Évolution mensuelle des moyennes de % de l'azote total.

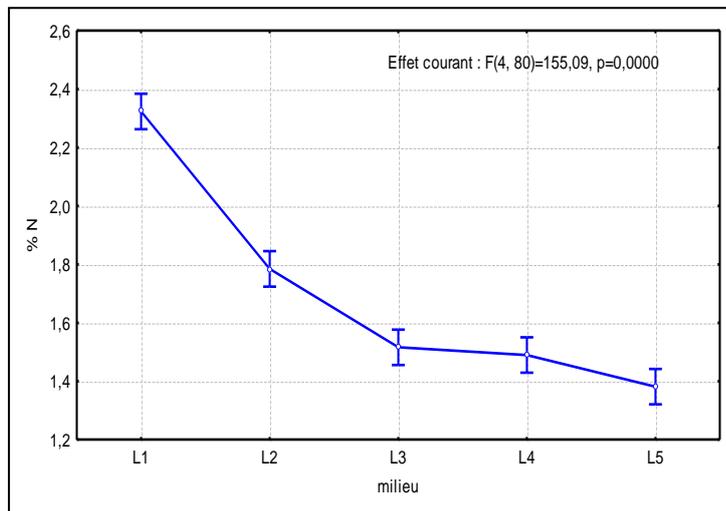


Figure 20 : Variations des moyennes de % N dans les milieux étudiés.

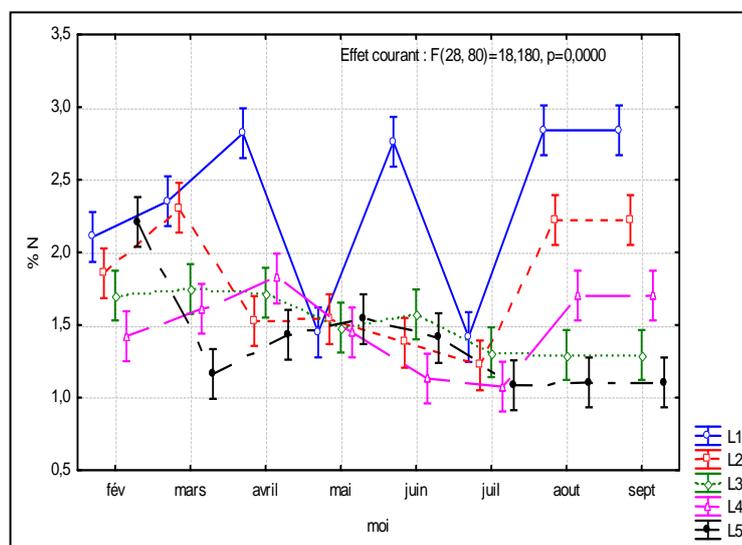


Figure 21: Évolution mensuelle des moyennes de % N dans chaque lombricompostière.

La figure 19 montre les variations mensuelles de %Nt dans les différents milieux étudiés. Nous constatons d'une part (Fig.19) qu'au début du processus le taux %N est élevé et stable jusqu'au 3<sup>ème</sup> mois puis il diminue au 4<sup>ème</sup> mois. D'après MUSTIN (1987) l'augmentation du % N total lors du processus de compostage vient de la dégradation des protéines. Pour ALEXANDER (1993) le taux de l'azote d'un substrat organique augmente lors du lombricompostage. Effectivement celui-ci est fixé depuis l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>) par les micro-organismes indigènes dans le substrat. Les fluctuations du %Nt pourrait être expliqué essentiellement par le développement des vers de terre. Selon FAYOLLE, (1982),

la fixation d'azote est notamment accrue en présence de lombriciens par la stimulation des germes responsable du cycle de l'azote.

En effet lors du lombricompostage les vers de terre stimulent l'activité microbienne et augmentent la minéralisation de l'azote et du carbone SABINE, (1983). Les résultats obtenus lors de notre essai confirment qu'il y a une fixation de l'azote dans les substrats L1, L2, L3, L4, en revanche dans L5 il ya une perte de  $N_t$ .

Par ailleurs la figure 20 montre que cette teneur en azote est proportionnelle à la composition des milieux c'est-à-dire plus il y a de fiente plus la teneur en azote est importante. Cela est expliqué par la richesse des fientes en azote.

Nous avons obtenu à la fin du lombricompostage une moyenne de 1,8 % N. Ainsi, (Anonyme 1, 2005) a trouvé une teneur moyenne de 2,3 %N à la fin du compostage des fumiers de dindes. En revanche, (Anonyme 15, 2009) a trouvé  $1.6 \pm 0,4\%N$  à la fin du vermicompostage des déjections avicoles. .

### 3.1.10. Évolution mensuelle du rapport C/N

Les moyennes du rapport C/N obtenues au cours du lombricompostage sont  $[15,78 \pm 4,6]$ ,  $[19,3 \pm 5,73]$ ,  $[24,51 \pm 3,61]$ ,  $[25,04 \pm 5,95]$  et  $[27,78 \pm 5,24]$  respectivement pour les milieux L1, L2, L3, L4 et L5. L'analyse de l'ANOVA (Tab.19) montre un effet temps très significatif (Fig.22), un effet milieu très significatifs (Fig.23) et aussi une variation très significative du C/N dans le temps et le milieu (Fig.24).

Tableau 19: résultat de l'ANOVA pour la variable rapport C/N.

	SC	Degré de liberté	MC	F	p
Ord.Orig.	60683,81	1	60683,81	3907,138	0,000000
moi	1013,35	7	144,76	9,321	0,000000
milieu	2248,75	4	562,19	36,197	0,000000
moisxmilieu	1941,41	28	69,34	4,464	0,000000
Erreur	1242,52	80	15,53		

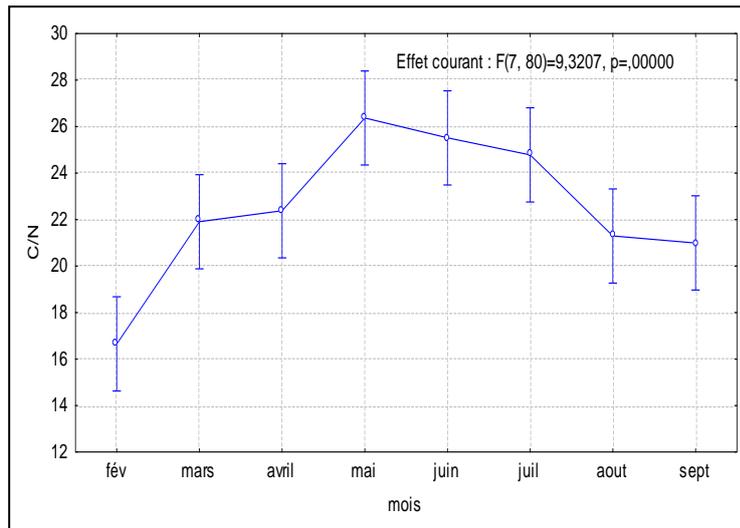


Figure 22 : Variation mensuelle des moyennes du rapport C/N lors du lombricompostage des fientes.

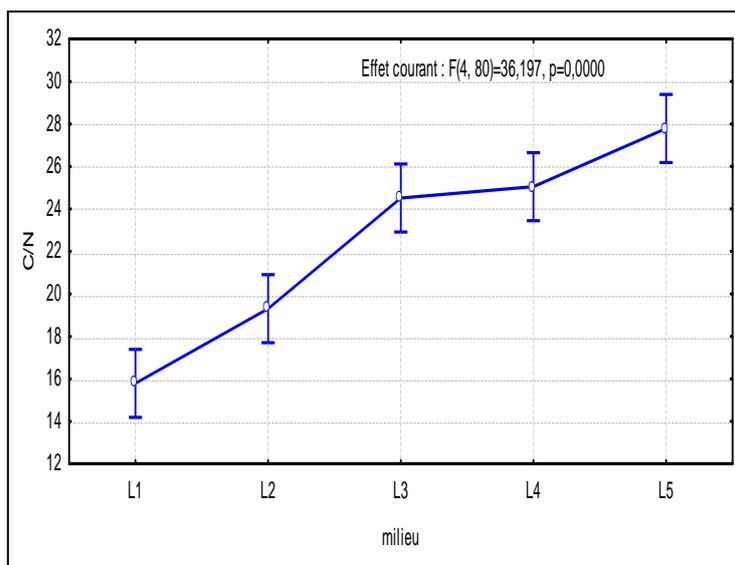


Figure 23 : Variation des moyennes du rapport C/N dans les lombricompostières

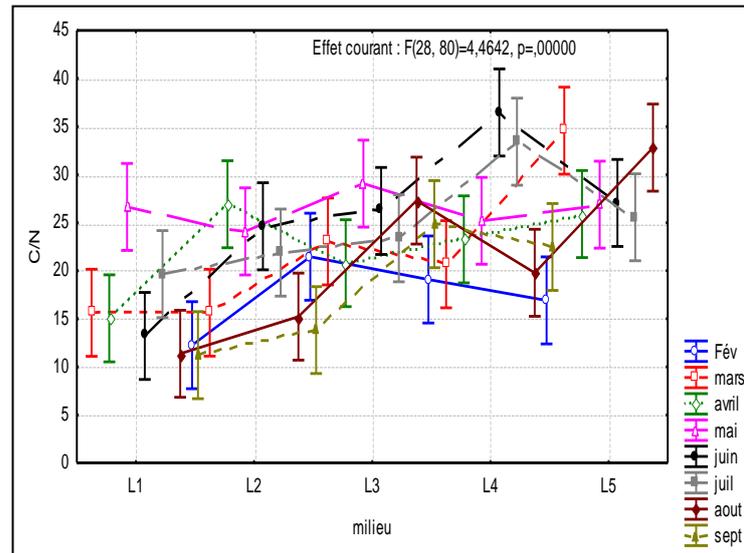


Figure 24 : Évolution mensuelle des moyennes de C/N dans chaque lombricompostière.

Le rapport C/N est un critère simple et objectif, pour distinguer les produits non assimilés issus d'élevage, la stabilisation complète de matière organique et la maturité de produit à vermicomposter. Selon le classement des fertilisants (Tab.20) les déjections associées à des litières (paille, sciure) sont rattachées au type II. Leurs matières carbonées étant peu dégradées à court terme (Anonyme16, 2001).

Selon GHEISARI et al. ; (2010): Le rapport C/N est un des indices les plus importants utilisés pour l'évaluation de : (a) la qualité de substrat utilisé comme nourriture pour des vers de terre et (b) indice de maturité lors du processus de vermicompostage.

D'après GODDEN (1995), l'optimum pour un C/N de départ doit se situer entre 25 et 30. Selon MUSTIN (1987) l'optimum se situe entre 30 et 35, alors pour GHEISARI et al. ; (2010) l'optimum doit situer entre 20 et 25, lors notre essai, le taux de C/N de départ est compris entre 14 et 26 (Fig. 24).

L'immobilisation de l'azote minérale se fait sous l'action des microorganismes. La présence de carbone organique assimilable est indispensable pour que les populations microbiennes puissent organiser l'azote (Anonyme16, 2001).

En effet lors du lombricompostage, les vers de terre stimulent l'activité microbienne et augment la minéralisation de l'azote et du carbone (SABINE, 1983 et ST-PIERRE et al, 1999).

Lors de notre essai le rapport C/N augmente, la vitesse de minéralisation des substrats organiques semble être diminuée à cause la réduction de l'effectif de vers de terre par suite du manque de la nourriture aux derniers mois.

Tableau20 : classement des fertilisants selon la directive nitrate (Anonyme16, 2001).

Type I	fertilisant organique à C/N élevé (supérieur 8) Tels que les déjections avec litières.
Type II	fertilisant organique à C/N bas (inférieur ou égal à 8) tels que les déjections sans litières. Les déjections associées à des litières carbonées difficilement dégradables (sciure ou copeaux), mélangé à un C/N élevé sont rattaché au type II.
Type III	fertilisants minéraux ou uréiques de synthèse.

### 3.2 Résultats et discussion des paramètres biologiques

#### 3.2.1. L'évolution de l'effectif et de la biomasse des vers de terre

Nous avons introduit d'une part au début de l'essai (février 2011) dans L1, L2, L3, L4 et L5 (Cf. Chap. III) 5 g de vers de terre ( $\approx$  14 individus) et d'autre part mensuellement nous avons déterminé l'effectif total (N ind.), les adultes (N. Ad), les juvéniles (N. Juv.), les cocons (N Cocons) et la biomasse totale (g) des vers de terre.

##### A. L'effectif des vers de terre.

Nous observons sur la figure 25 que mensuellement l'effectif total (N ind) des vers de terre varie dans les différentes lombricompostières L1, L2, L3, L4 et L5. En effet, l'effectif le plus élevé est dans le milieu L4 [ $55 \pm 139.77$ ] ind. au mois de mai, par contre le plus faible est dans le milieu L3 [ $8.33 \pm 44.02$ ] ind. au mois d'août et septembre.

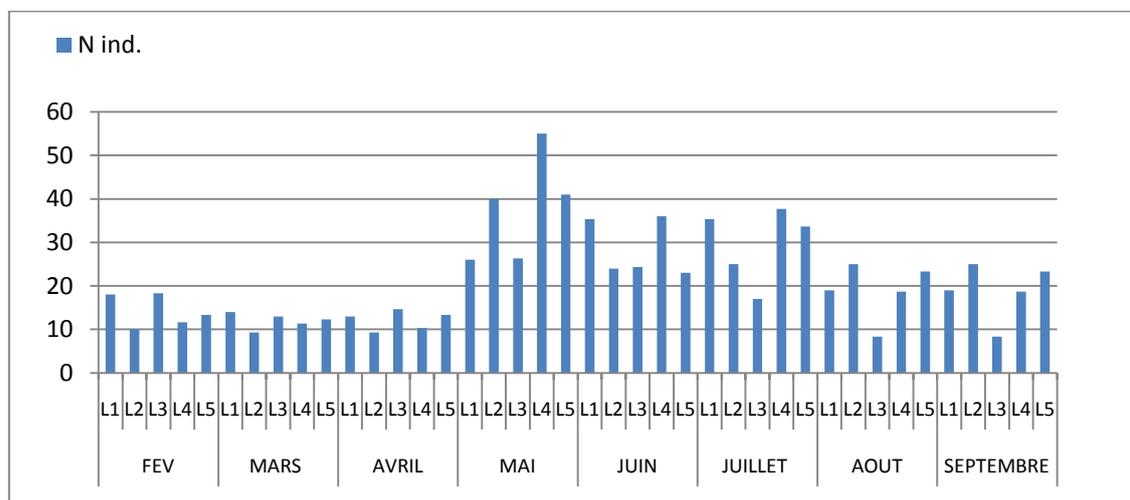


Figure 25 : Évolution mensuelles des moyennes de l'effectif total (N ind.) des vers de terre dans les différentes lombricompostières au cours du lombricompostage.

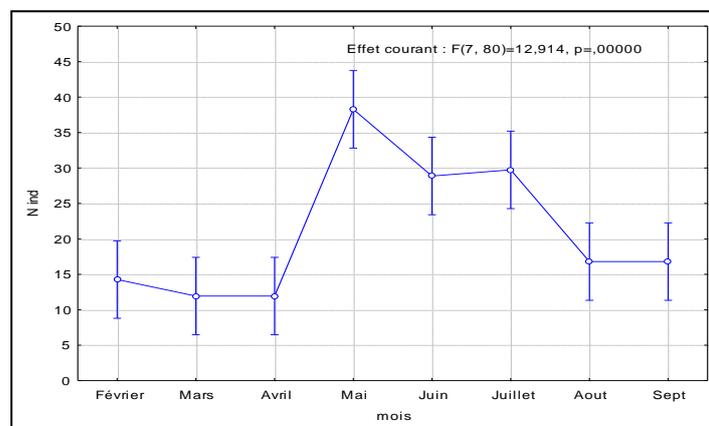


Figure 26 : Evolution mensuelle des moyennes de l'effectif total (N ind.).

La figure 26 montre que l'évolution mensuelle de l'effectif moyen varie dans le temps et cette variation est très significative ( $F_{\text{obs}}=12,91$  et  $p<0,01$  Cf. Tableau II Annexe1). Par ailleurs, il est à remarquer qu'au début de l'essai l'effectif moyen mensuel est faible; ceci peut être expliqué par l'adaptation des vers de terre au milieu. La diminution à la fin de l'essai est due probablement à l'épuisement des ressources. En effet, la multiplication des vers de terre débute au mois d'avril jusqu'au mois de juillet. Aussi, nous avons enregistré la moyenne de l'effectif total mensuel la plus élevée dans L4 respectivement au mois de mai [ $55\pm 139.77$ ] ind. juin [ $36\pm 39.93$ ] ind. et août [ $18.66\pm 18.52$ ] ind. (Fig. 26).

GRAG *et al.*, (2005) ont trouvé à la fin (après 90 jours) du processus de vermicompostage des excréments des vaches et des boues solides issues de l'usine de textile, un effectif total respectivement de [ $286\pm 23$ ] et de [ $232\pm 21$ ] individus.

Concernant la moyenne des effectifs d'adultes (N Ad.) (Fig. 27) elle varie mensuellement et très significativement ( $F_{\text{obs}}=4,7863$  et  $p<0,01$  Cf. Tab II Annexe 1). En outre, la figure 28 montre que N. Ad fluctue et cette variation est significative dans le temps et dans les milieux étudiés ( $F_{\text{obs}} = 1,83$  et  $p<0,01$  Cf. Tab. I I Annexe1).

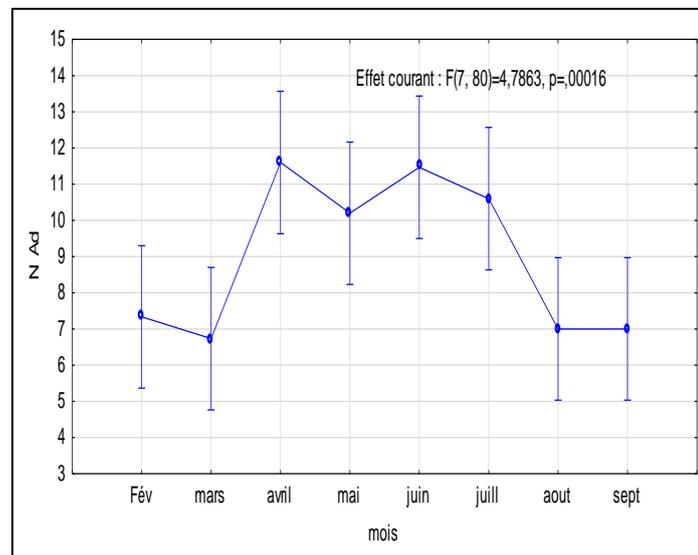


Figure27: Évolution des moyennes du nombre de vers de terre adultes (N. Adultes) dans les lombricompostières.

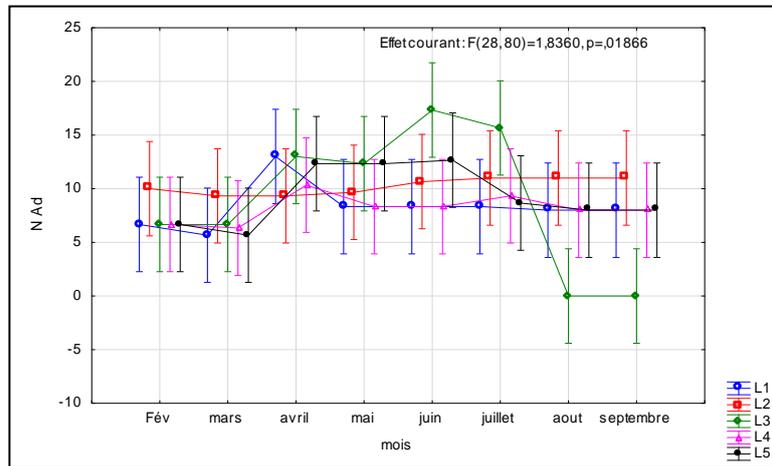


Figure 28 : Évolution mensuelle des adultes (N. Ad) dans L1, L2, L3, L4 et L5.

Nous observons (Fig. 28), que pendant les trois premiers mois de vermicompostage des fientes de poulet de chair, le N Ad suit la même allure pour L1, L2, L3, L4 et L5. En revanche, au mois de mai nous avons dénombré N Ad dans L1 [8.33±3.32] N Ad., L2 [9.33±3.32] N Ad, L3 [13±293.95] N Ad., L4 [8.33±17.6] N Ad., et L5 [12.33±39.23] N Ad. En outre, au mois de juin, nous remarquons (Fig. 28) que le nombre des adultes est au maximum dans tous les milieux, la valeur la plus élevée est dans L3 [17.33±14.5] NAd.

En août et septembre, nous avons remarqué une mortalité des vers de terre adultes dans les lombricompostières et nous notons 0 adultes pour le milieu L3.

Lors du vermicompostage, GRAG *et al.*, (2005) ont dénombré N Ad respectivement dans les excréments de vaches [77±11] N Ad et les boues solides issus de l'usine de textile [58±9] N Ad.

Concernant le dénombrement des juvéniles, la figure 29 montre que la moyenne la plus élevée des juvéniles est dans L4 au mois de mai [46.66±126.98]N.Juv, le nombre le plus faible des juvéniles est observé au mois d'avril. Ainsi cette variation mensuelle des moyennes de juvéniles est très significative ( $F_{obs}= 9,06$  et  $p<0,01$ ). On outre, il est à observer (Fig. 30) que le nombre de juvéniles fluctue d'un milieu à l'autre de manière significative ( $F_{obs}= 2,90$  et  $p<0,05$ ). Ainsi, L4 représente le substrat le plus favorable pour un bon déroulement du développement des vers de terre (Fig. 30).

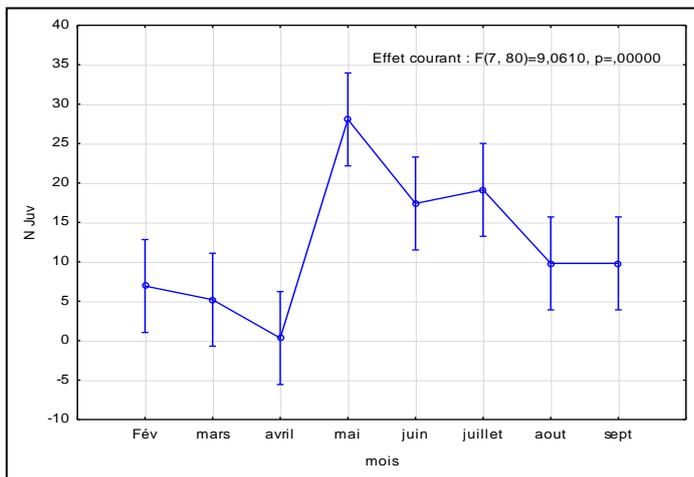


Figure 29: Variation des moyennes du nombre de juvénile (N. ind) dans les lombricompostières.

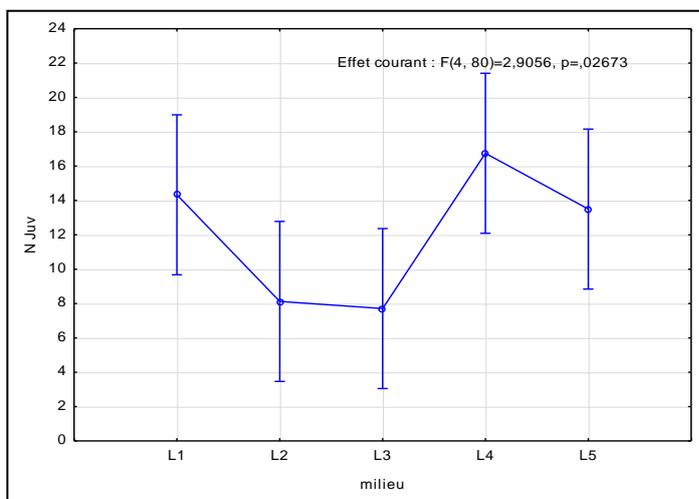


Figure 30 : Variation des moyennes du nombre de juvénile dans les milieux étudiés.

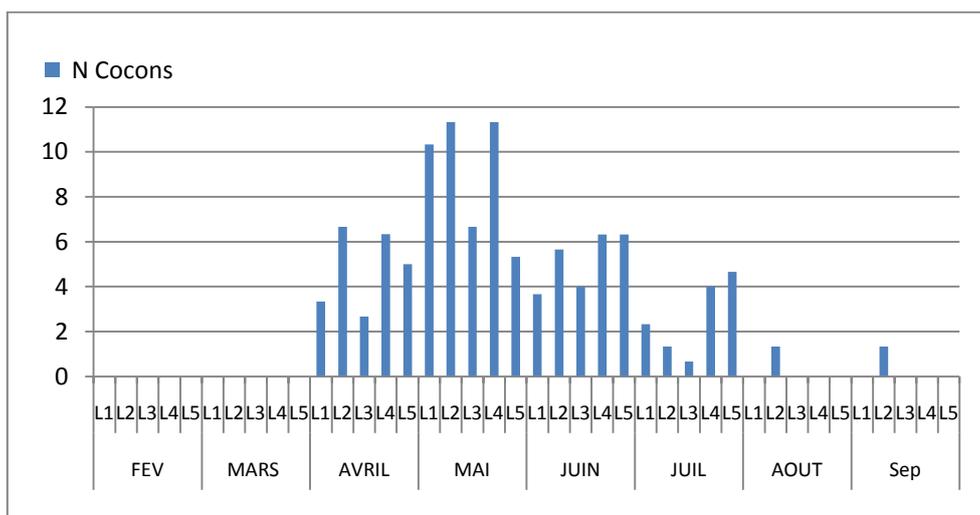


Figure 31 : Évolution de nombres des cocons.

Par ailleurs, nous avons dénombré les cocons. D'après la figure 31, nous remarquons que la reproduction des vers de terre débute à partir du 3<sup>ème</sup> mois (avril), elle s'est accrue au mois de mai où nous avons enregistré la moyenne la plus élevée dans L2 [11.33±33.27] cocons et L4 [11.33±33.27] cocons. Aussi, la quantité de cocons est 2 fois plus que dans le milieu L5 durant le même mois [5.33±11.99] cocons. Le nombre de cocons s'est atténué au mois de juillet. Ainsi, GRAG *et al.*; (2004) ont observé que la reproduction de vers de terre a commencé à la 5<sup>ème</sup> semaine dans les lombricompostières des déjections de vaches, buffles et de chameaux, et à la 6<sup>ème</sup> semaine pour les déjections de moutons, ânes, chevaux et chèvres. En outre, le maximum de cocons est observé au milieu des déjections de moutons [155±18.4] cocons puis dans celui de chevaux [143±29.5] et le minimum dans les déjections de buffles [62±23.6] cocons.

### B. Évolution de la biomasse

Lors de notre essai nous avons fait le suivi de la biomasse des vers de terre mensuellement. La figure 32 indique que la biomasse des vers de terre varie d'un mois à l'autre et cette fluctuation dans le temps est très significative ( $F_{obs} = 13,87$  ;  $p < 0,01$  Cf ; Tab.III Annexe 1). Nous constatons que la biomasse des vers de terre augmente au début du processus de lombricompostage par suite de leur multiplication résultant des conditions favorables réunies dans les différentes lombricompostières. À partir du mois de mai, nous remarquons une diminution dans la biomasse à cause de l'appauvrissement des milieux par la dégradation des fientes (Fig.32). La biomasse la plus élevée est enregistrée dans L3 (Fientes 52,50% + Cartons 37,50% + Coquilles d'œufs 10%) est de [6.47±5.44] g pendant les mois d'avril et mai tandis que la plus faible est enregistrée dans L3 [1.77±8.93] durant le mois de septembre (Fig.32). Selon St- Pierre *et al.*, (1998) un lombricien à maturité à un poids situant entre 500 et 700 mg. Ainsi EL-GACI *et al.*, (2008) ont trouvée la biomasse la plus élevée de [4.84±1.17] g dans le milieu à 100 % fientes. Par contre, GARG *et al.*, (2004) ,ont enregistré la plus élevée biomasse dans le lombricompost des moutons [12.94±2.45] g/vers de terre à la 6<sup>ème</sup> semaine puis dans les déjections des ânes à la 9<sup>ème</sup> semaines [11.16±2.08]g/vers de terre et le minimum dans les excréments d'équins [8.00±1.37] g/vers de terre.

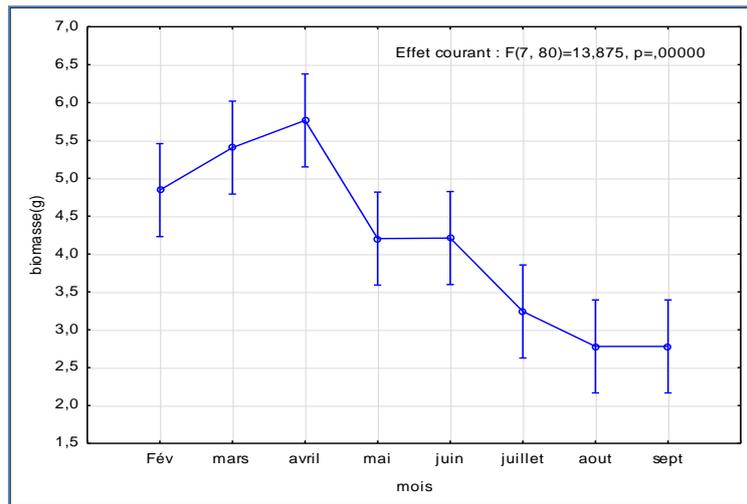


Figure 32 : Évolution des moyennes de la biomasse au cours du processus de lombricompostage.

Nous pouvons conclure que la fécondité dépend de l'alimentation, et nous notons que le substrat L4 (45% fientes+ 50% carton+ 5 %coquilles d'œufs) est une nourriture de qualité pour une croissance et développement des vers de terreau.

### 3.3 Résultats et discussion du test de germination « compartiment végétal » :

Afin de connaître la qualité du bio-engrais obtenu avec les déchets de fientes de poulets de chaire, avec les différents milieux utilisés soit L1 (75% fientes), L2 (60% fientes), L3 (52,5% fientes) L4 (45% fientes) et L5 (35% fientes), nous avons effectué un test de germination (Cf. Chap.III) avec des graines d'orge qui a duré 15 jours. Ainsi, nous avons calculé le pourcentage de germination (%) et la phytomasse sèche (g) dans les différentes proportions sol/bio-engrais (1/3,1/1,3/1,0/1,1/0).

#### 3.3.1. Taux de germination (%)

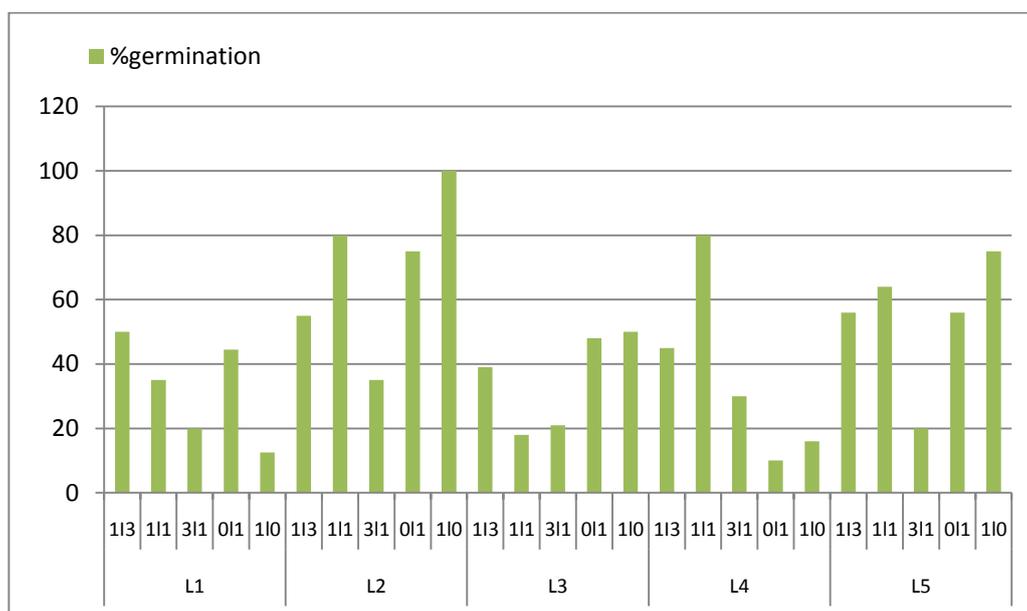


Figure 33 : Évolution du taux de germination (%) dans les différentes lombricompostières.

Nous observons (Fig. 33) que le taux de germination (%) est de 100, 80 et 12 % respectivement dans 1/0 (L2), dans 1/1 (L2 et L4) dans 0/1 (L4). Le tableau d'ANOVA (Tab. 21) montre qu'il y a un effet sol/bio-engrais très significatif (Fig.34). Ainsi, Le rapport sol/bio-engrais 1/1 constitue le substrat le plus favorable pour la germination des graines de l'orge, tandis que le rapport 3/1 est de moindre qualité(Fig.34). La figure 35 indique que la germination (%) varie d'un milieu à un autre de manière très significative ( $F_{obs} = 7,54, p < 0,01$ ) en effet, le milieu L2 (60% fientes) représente le bio- engrais le plus favorable pour la croissance des graines de l'orge (Fig. 35). En outre la figure 36, indique des variations % de germination dans le milieu et avec les différents rapports sol/engrais et ses fluctuations sont significatifs (Tab. 21).

Tableau21: résultats de l'ANOVA pour la variable taux de germination.

	SC	Degré de liberté	MC	F	p
Ord.Orig.	103512,5	1	103512,5	320,4523	0,000000
sol/engrais	5602,0	4	1400,5	4,3356	0,008439
Milieu	9750,4	4	2437,6	7,5463	0,000394
sol/engrais×milieu	12338,6	16	771,2	2,3874	0,024818
Erreur	8075,5	25	323,0		

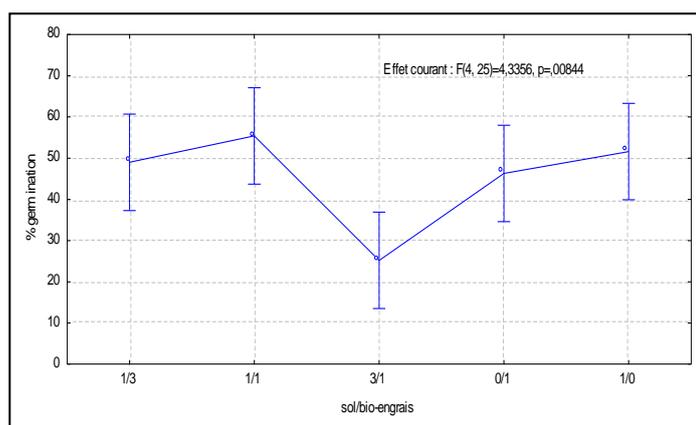


Figure 34: Variation des moyennes du taux de germination (%) selon les rapports sol/bioengrais.

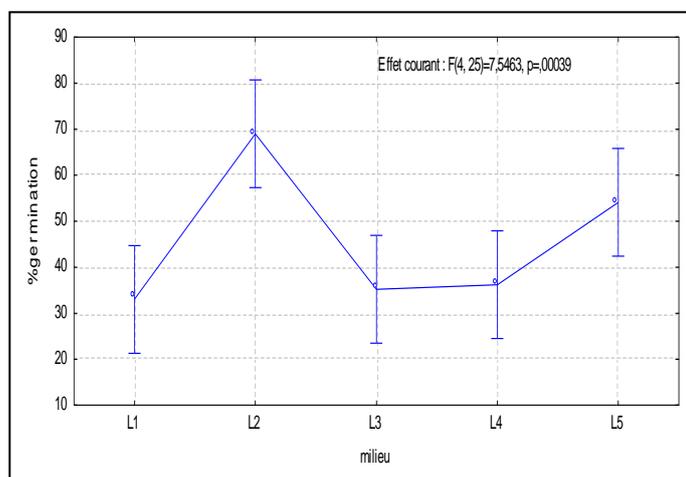


Figure 35 : Variation des moyennes du taux de germination (%) selon les milieux.

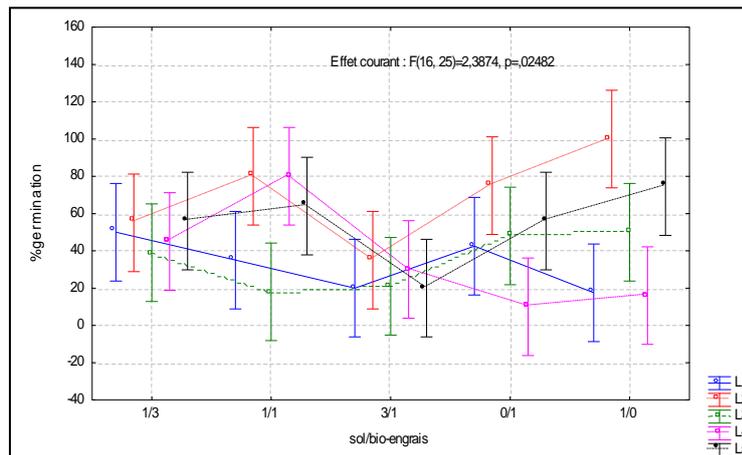


Figure36 : Variation des moyennes du taux de germination (%) dans chaque lombicompostière.

Ainsi le % de germination est fonction du milieu (selon le pourcentage des fientes) et fonction du rapport sol/engrais. La germination des graines d'orge dans L1 (Fig.33) le lombricompost (L1) est 4 fois supérieure à la germination dans le sol (Témoin). Nos résultats sont en concorde avec les travaux de ST-PIERRE *et al.*, (1998), en effet ils ont trouvé aussi que les graines de cresson semées dans le lombricompost issu de fientes de poulet, ont un taux de germination 4 fois supérieur à celui mesuré pour le témoin (sol).

### 3.3.2 La phytomasse sèche.

La teneur en matières sèches influence fortement la richesse en élément minéraux d'une matière organique. Plus les teneurs en matières sèches et en éléments fertilisants sont élevés, plus la matière organique est concentrée et plus elle est riche en éléments.

Les résultats de l'ANOVA (Tab.22) de la variable phytomasse sèche (g) des plantes montrent qu'il y a un effet rapport sol/engrais significatif. Ainsi, la figure 37, montre que la biomasse sèche (g) la plus élevée correspond au rapport sol/engrais 1/1 et 0/1 (0,38 g) par contre la biomasse la plus faible est de (0,28 g) pour le rapport 3/1. Ainsi nous proposons le rapport sol/ bio-engrais 1/1 et 1/3 pour un meilleur rendement de croissance végétale.

Tableau 22 : résultats de l'ANOVA pour la variable biomasse sèche :

	SC	Degré de liberté	MC	F	p
Ord.Orig.	6,287058	1	6,287058	2824,375	0,000000
sol/engrais	0,070952	4	0,017738	7,969	0,000276
milieu	0,005892	4	0,001473	0,662	0,624380
sol/engrais×milieu	0,051348	16	0,003209	1,442	0,200474
Erreur	0,055650	25	0,002226		

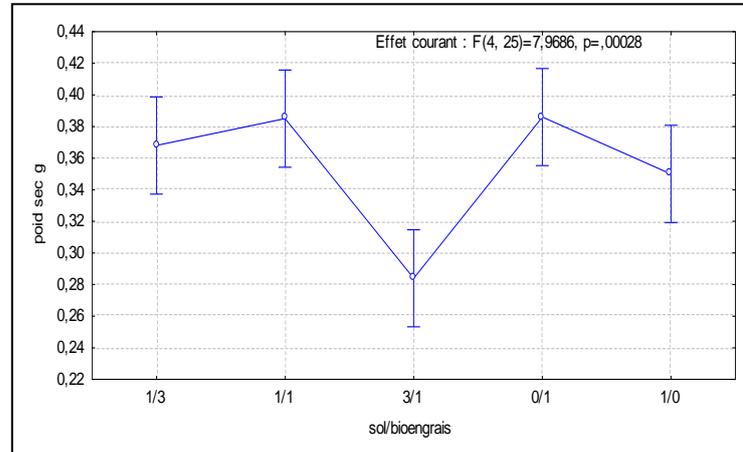


Figure 37 : Variation de la moyenne de la phytomasse sèche (g) selon le rapport sol/engrais.

Cet essai a permis d'estimer la valeur agricole du lombricompost. Il semble stimuler la germination et la croissance des plantules ; ceci pourrait s'expliquer par un contenu élevé en substances humiques au niveau du lombricompost. En effet, les lombriciens accélèrent l'humification de la matière organique. La faune lombricienne est connue pour son importance capitale pour la « formation de la terre végétale ». En effet, les lombriciens dégradent les débris végétaux (plus rarement animaux) en libérant les éléments chimiques (N, P, K, etc.) qui y sont contenus (BOUCHE, 1984).

La valorisation des déchets de fientes de poulets de chair par lombricompostage a permis d'obtenir un bioengrais de qualité non seulement en favorisant la germination des graines de l'orge, mais aussi le vermicompost assure la même productivité végétale qu'avec l'apport des engrais minéraux tout en assurant une faible lixiviation de l'azote (moins de 10 % pour les substrats organiques contre 40% pour les fertilisants chimiques). Ainsi, le vermicompost conduit à une amélioration des propriétés des sols (augmentation du pH, de la matière organique sèche, de la teneur en N.P.K et la biomasse microbienne par rapport au compost) (SUTHAR, 2009).

Pour ATIYEH et al., ( 2000) le vermicompost a tendance d'améliorer la croissance des plantes quand il est ajouté aux sols des serres. Leur étude montre qu'il y a une différence importante entre le vermicompost et le compost.

### 3.4. Interactions entre les facteurs biotiques et les facteurs abiotiques

#### 3.4.1. Matrice de corrélation

Les éventuelles liaisons entre ces paramètres sont évaluées et consignées dans la matrice de corrélation ci-dessous :

Tableau 23 : résultats de la matrice de corrélation entre les facteurs biotiques et abiotiques

	N Ad	N Cocon	N Juv	biomasse(g)
T (° C)	0,306		0,332	
pH	-0,217	-0,254	-0,187	
% H	0,193	0,222	0,357	0,204
pt oxy-réd (mV)	0,379			0,240
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	-0,364	-0,240	-0,194	-0,563
C/N	0,189	0,279		0,286

Le tableau 23 montre que la température est corrélée positivement et significativement au N Ad et N Juv. Ainsi lors de notre étude, l'effectif de lombriciens du substrat L4 (45% fientes) passent de [11.66±16.63]ind au mois de février où la température est de 18°C(Fig.4) à [55±139.77]ind au mois de mai où la température est de 22.5°C, ce qui est en accord avec les résultats de GHEISARI *et al.* ; (2010) qui ont montré que les températures optimales du vermicompostage se situent entre 13 et 24°C. Alors que ceux de EDWARD. (1998) in KHAN (2003), qui révèlent qu'*Eisimia fetida* accroît d'une manière significative lors du déroulement du vermicompostage dans des températures comprises entre 15 et 20°C.

Concernant le pH, le tableau 23 montre qu'il est corrélé négativement avec la croissance des vers de terre (N Ad, N Juv et N cocons).Ainsi, le suivi mensuel de l'évolution des moyennes du pH pendant les 8 mois de vermicompostage( Fig. 25) montre que la moyenne de juvénile est passée de 0 ind au mois d'avril où la moyenne du pH est de 8.3 (Fig.7) à 27 ind au mois de mai où le pH est de 7.4. L'effectif de vers s'est élevé dans la

gamme de pH comprise entre 7 et 7,4. Les vers peuvent survivre dans une plage de pH allant de 5 à 9 EDWARDS (1998) in KHAN (2003). La plupart des experts estiment que les vers préfèrent un pH de 7 ou légèrement plus élevé. Pour (DICKERSON, 2004) il a noté que la plage de 6 à 7,0 était la meilleure. En revanche GHEISARI *et al.*, (2010), ont montré que les valeurs optimales pour la croissance des lombriciens sont comprise entre 7.2 et 8.5.

Pour le potentiel d'oxydo-réduction, le tableau 23 montre qu'il est lié significativement et positivement à la biomasse et au N Ad. En effet la figure 9 indique qu'il passe de (-80mV) en février à (-20 mV) en mars et (-40mV) en avril, en outre, en mai il devient un milieu oxydant (+20 mV). En effet, (Fig. 25) la moyenne de l'effectif total (N ind) est plus faible en février pour le milieu L3 [6.67±33.27] et plus élevée en mai [13±293.95]. Ainsi, les lombriciens peuvent vivre dans un milieu relativement pauvre en oxygène et ils peuvent même survivre dans un milieu immergé en eau si ce dernier contient de l'oxygène (SHERMAN.2003).

Nous observons (Tab.23) que % l'humidité est corrélée positivement et significativement à la croissance et au développement des lombriciens. Dans notre expérimentation l'humidité est en moyenne de 50%H (Fig.13). Selon SHERMAN (2003), les vers de terre ont besoin d'un taux d'humidité de l'ordre de 60 à 80 %. Cependant pour NAGAVALLEMMA, 2004, les vers de terre exigent un taux d'humidité de l'ordre de 40 à 45%. Pour (Anonyme 11, 2001), le taux d'humidité idéal pour les vers de terre *Eisenia fetida* se situe entre 70% et 85%. D'après DOMINGUEZ et EDWARD (1997) cités par KHAN (2003), la biomasse des vers de terre augmente 2 fois plus quand l'humidité du milieu est de 65 à 85%.

Le taux du nitrate est corrélé négativement et significativement avec le développement et la croissance des vers de terre (Tab.23). En effet, les résultats de notre essai indiquent qu'un taux de nitrates > 5ppm (Fig.10) durant les trois premiers mois de lombricompostage inhibent la production des cocons (Fig.31). En revanche, à partir du mois d'avril où le taux de nitrate est de l'ordre de 0 à 5 ppm est constitué un seuil favorable pour la multiplication des vers de terre (de 10 ind pour L2 au mois de février à [40±194.7]ind au mois de mai). Ce qui est en accord avec les résultats de (Anonyme10, 2009) qui exigent un taux de nitrate de [1.748±636] ppm pour la survie des vers de terre.

Il s'agit d'une corrélation positive et significative entre le C/N, la croissance et le développement de vers de terre (Tab.23). Ainsi, les résultats de notre étude montrent un

accroissement du nombre des cocons lié à l'augmentation du rapport C/N. Nous remarquons 0 cocons (Fig.31) durant les mois de février et mars qui reflètent un C/N compris entre 17 et 22 (Fig.22), l'apparition des cocons est liée à l'augmentation du C/N (22 à 26) ; sa diminution au mois d'août C/N = 21 a provoqué l'atténuation de la reproduction des vers de terre. En ce que concerne l'effectif total, il augmente 2.7 fois quand le C/N augmente de 16 à 26. Ainsi,

AIRA *et al* ;. (2006) ont montré que le nombre de vers de terre s'est accru 5.5 fois quand le rapport C/N a augmenté de 11 à 19.

### 3.4.2. Interaction des facteurs abiotiques et biotiques.

Pour tenir compte de la variation de tous les paramètres à la fois mesurés durant la période de l'essai dans les différentes lombricompostières. Nous avons réalisé une MANOVA dont les résultats sont consignés dans le tableau 24.

Tableau 24 : Résultats de la MANOVA pour toutes les variables.

	Test	Valeur	F	Effet	Erreur	p
Ord.Orig.	Wilk	0,000286	16751,34	14	67,0000	0,000000
mois	Wilk	0,000072	15,56	98	432,6662	0,000000
milieu	Wilk	0,049166	5,49	56	262,7891	0,000000
mois*milieu	Wilk	0,002401	1,40	392	890,9110	0,000028

Nous notons des variations très significatives qui relatent une grande activité des lombriciens dans les différents milieux et au cours du temps.

Afin d'affiner les résultats obtenus par la méthode de la MANOVA, nous avons jugé utile de procéder à une analyse de corrélation canonique (ACC) dont l'objectif est de permettre d'extraire les facteurs abiotiques et biotiques les plus corrélés entre eux et qui ont un rôle fondamentales lors du processus de lombricompostage des fientes.

Les résultats de l'ACC obtenu entre le groupe de variables abiotiques et celui biotiques étudiées, indiquent une très grande liaison significative entre les groupes ( $R= 0.741$  ;  $\text{Chi}^2 : 193,65$   $p<0,01$ ).

La figure 38 indique que 95% de l'information est résumée dans les 2 premières composantes canonique.

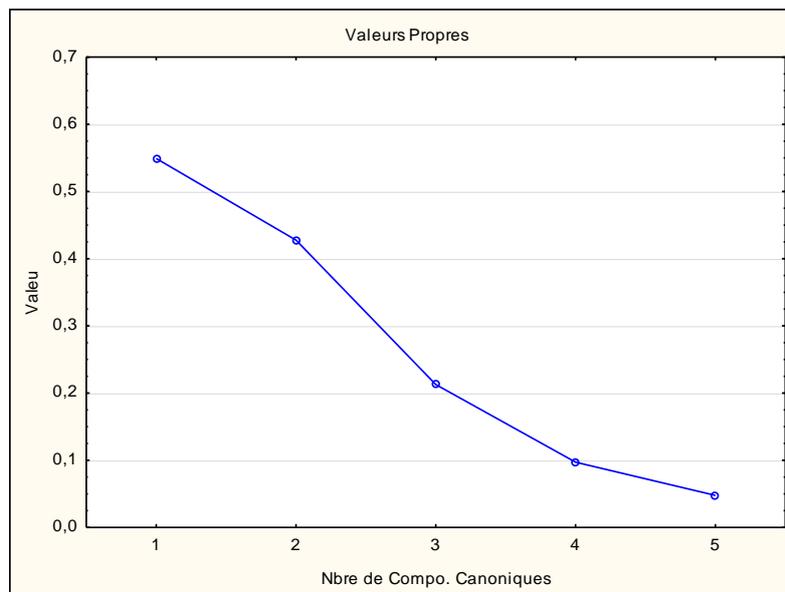


Figure 38 : Tracé des valeurs propres des composantes canoniques.

Tableau 25 : Valeurs propres des différentes composantes canoniques.

	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp. 5
Valeurs	0,549132	0,427574	0,212663	0,097138	0,047746

La première composante canonique de variance ( $\lambda_1=0.55$ ) est essentiellement expliquée par les facteurs biotiques soit la biomasse (0.90) et le nombre de juvéniles (0.53) et par les facteurs abiotiques le taux de carbone (0.93) et le taux nitrate (0.60). (Tab.26). Alors que la deuxième composante de variance ( $\lambda_2 = 0.43$ ) est expliquée d'un part par la biomasse (0.83) et le N Ad (-1.04) et d'autres part par la température (-0.78) et le taux de nitrate (-0.55). (Tab.27).

Tableau 26 : Les composantes canoniques des variables biotiques.

	Comp. 1	Comp. 2
biomasse(g)	0,904959	0,83079
N Ad	0,052613	-1,04822
N Juv	0,527695	-0,50849

Tableau 27 : Les composantes canoniques des variables abiotiques.

	Comp. 1	Comp. 2
T C°	0,090323	-0,783231
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,604713	-0,555937
% C	0,934265	0,481391

La biomasse et le N Juv sont positivement liées au % C, l'accroissement pondéral de vers de terre est donc accru par la présence de matière organique. L'élévation du C/N conduit à l'augmentation de la biomasse d'*Eisenia fetida* (KHAN, 2003).

En revanche la croissance des vers de terre (N Ad) est liée négativement à la température et au NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. L'augmentation du taux de nitrates et de la température, semblent bloquer le développement des vers de terre. *Eisenia* peut survivre à des températures aussi basses que 0°C, mais ne se reproduira pas à des températures inférieures à 10°C et il consomme aussi moins de nourriture. On estime généralement qu'il faut maintenir la température au-dessus de 10°C (minimum) et préférablement au-dessus de 15°C pour un lombricompostage efficace (MUNROE, 2005).

Notre étude est de proposer une issue aux problèmes des déchets des fientes de poulets de chair, par leur valorisation en lombricompost. Cette expérimentation a été menée en 2009-2011 au laboratoire d'écologie, Université Mentouri Constantine.

Pour se faire, nous avons choisi d'une part 5 compositions de milieu (L1,L2 ,L3, L4 et L5) constituées par un mélange de fientes ( 70 ,60 , 52 , 45 et 35 % ) de carton (25 ,25 , 37.5 ,50 et 50% ) et de coquilles d'œufs ( 5 , 15 , 10 , 5 ,15 % ) ,d'autre part, ces milieux ont subi un processus de lombricompostage en présence de vers de terre de l'espèce *Eisenia fetida*. Au cours de cette expérimentation des paramètres physicochimiques (T°C, poids frais (g), pH, potentiel d'oxydoréduction (mV), le taux de nitrate (ppm), %H, le % C, le % N C/N, ...) et biologiques (l'effectif, biomasse (g) des vers de terre) ont été mesurés. Puis un test de germination a été mené pour connaître la qualité du lombricompost obtenu.

Ainsi, l'étude statistique montre qu'il existe des variations significatives pour les variables physico-chimiques étudiées. En effet, toutes les variables étudiées varient significativement dans le temps. Par contre la T°C, le pH et le C/N varient aussi significativement dans le temps et dans le milieu et le NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, %H et C/N varient significativement dans le temps et le milieu.

La température idéale obtenue lors du vermicompostage des fientes est de 23,8°C. Le pH obtenu est neutre et est favorable à la survie des lombriciens. Les valeurs obtenues pour le potentiel d'oxydo-réduction sont comprises entre -20 et +20ppm constituant un milieu favorable aux vers de terre.

Le taux de nitrate s'est révélé un facteur limitant à la croissance et au développement des vers de terre. En effet, au début de l'essai le taux des nitrates est très élevé (60ppm) et en fin de l'expérimentation il s'est stabilisé (1ppm).

L'humidité (%H) estimée est comprise entre 50 et 60% dans tous les milieux et elle est préféré par le ver de terre.

Les moyennes du rapport C/N obtenues au cours du lombricompostage sont [15,78±4,6], [19,3±5,73], [24,51±3,61], [25,04±5,95] et [27,78±5,24] respectivement pour les milieux L1, L2, L3, L4 et L5 illustrant un rapport de qualité et de valeur agronomique.

Nous avons aussi observé lors de notre étude de lombricompostage une croissance et un développement des vers de terre dans les milieux étudiés. Nous pouvons conclure que les fientes enrichies par le carton deviennent métabolisables par les vers de terre. La reproduction d'*Eisenia fetida* est multipliée de 5 fois dans le mélange L4. Par conséquent, nous retenons le mélange constitué de 45 % de fientes additionné par 50% de carton et de 5 % de coquilles d'œufs qui semble être le mieux apprécié par le vers de terre.

D'autant que le test de germination sur les graines de l'orge nous a permis de conclure que les compositions L2, L3, L4 et L5 ne sont pas phytotoxiques, par contre L1 est phytotoxique.

La matrice de corrélation entre les facteurs biotiques et abiotiques nous a permis de conclure que le (N ind) accroît quand la température augmente, tandis que l'accroissement pondéral de vers de terre est lié à l'augmentation du taux %H, le C/N et le potentiel redox (mV). En revanche, la croissance (N ind) de lombriciens est fonction de la diminution du taux du nitrate et du pH ce dernier qui contrôle aussi le développement d'*Eisinia fetida*.

L'étude de la MANOVA indique que pour un bon déroulement du lombricompostage de fientes de poulets de chair, tous les paramètres biotiques et abiotiques retenus sont intéressants. L'analyse des corrélations canoniques (ACC) nous permet de conclure que les variables physicochimiques qui contribuent à la survie de vers de terre sont surtout la température (T°C), le taux du nitrate (ppm) et le % C.

Par suite, le mélange des fientes avec le carton et les coquilles d'œufs fournit plusieurs avantages, notamment :

1. Il permet de distinguer le milieu le plus viable pour les vers de terre L4 (45% fientes+ 50% carton+ 5% coquilles d'œufs).
2. Le milieu le plus riche en éléments fertilisant L2 (60% fientes+ 25% carton+ 15 % coquilles d'œufs) qui correspond à un rapport de C/N de plus de 15.

En final, il y a donc un milieu vital L4 pour ceux qui s'intéressent à l'élevage de vers de terre et un milieu riche en éléments fertilisants L2 nécessaire pour un bon rendement de germination pour ceux voulant utiliser les fientes comme bioengrais.

# **ANNEXE**

# Le ver de lombricompostage

On utilise pour le lombricompostage les lombriciens du groupe des épigés (Bouché 1972).

## 1. Biologie

### 1.1. Origine

Les ancêtres des vers de terre actuels vivaient dans l'eau. Ils n'ont pu conquérir la terre ferme qu'à partir du moment où la végétation était présente parce qu'ils se nourrissent essentiellement de matière végétale en décomposition (Buch, 1991). Leur histoire remonte vraisemblablement au Précambrien, il y a environ, 700 millions d'années (Bouché, 1984). (Anonyme 11,2009).

### 1. 2. Classification

Les vers de terre sont des invertébrés (animaux ne possédant pas de colonne vertébrale). Ils appartiennent à l'embranchement des Annélides (Tableau 1) - des vers segmentés - dont la principale caractéristique évolutive est un corps formé d'une série d'anneaux. Ces anneaux très apparents à la surface du corps correspondant à autant de cavités internes séparées, qui permettent d'effectuer des mouvements efficaces pour l'enfouissement dans le sol ou la vase et la nage. Les vers de terre sont dans l'ordre des Oligochètes des vers dont les soies sont de très petite taille qui comprend des vers terrestres et aquatiques. La famille des Lombricidés est la plus importante des Oligochètes et probablement la plus récente en terme évolutif de la classe (Edwards et Bohlen, 1996). Elle se compose essentiellement de vers terrestres. Elle comprend environ 220 espèces dont 19 sont communes en Europe et se sont répandues à travers le monde, principalement par l'action de l'homme (Edwards et Bohlen, 1996). La famille des Lombricidés se divise en plusieurs genres : Lumbricus, Eisenia, Dendrobaena, etc. (Anonyme 11,2009).

**Tableau I** : Classification de ver de terre

Embranchement	Annélides (8700 espèces)
Classe	Clitellates (3400 espèces)
Ordre	Oligochètes
Famille	Lombricidés
Genre	Lombricus, Eisenia, Dendrobaena, Eudrilus
Espèces	<i>Lumbricus terrestris</i> <i>Eisenia faetida</i> <i>Dendrobaena veneta</i> <i>Eudrilus eugeniae</i>

Il est important de noter ici la distinction à faire entre la famille des Lombricidés et l'espèce *Lumbricus terrestris* (couramment appelée le lombric) dont nous parlerons plus loin. En effet la famille des Lombricidés comprend toutes les espèces de vers de terre et l'emploi du préfixe « lombric » pour faire un mot comme « lombricompostage » fait référence à l'utilisation de plusieurs espèces de vers de la famille des Lombricidés et non pas à la seule espèce du lombric (*Lumbricus terrestris*), laquelle est peu utilisée pour faire du compost (Anonyme 11,2009) .

### 1.3. Espèces

L'identification des vers n'est pas facile parce que plusieurs espèces se ressemblent beaucoup extérieurement. Elle est faite à partir des spécimens adultes en déterminant le nombre de segments, et en procédant à l'examen détaillé des organes génitaux et d'autres

caractéristiques anatomiques internes. L'identification précise requiert un examen approfondi de structures fines et doit être faite par un spécialiste. (Anonyme 11,2009).

Parmi les nombreuses espèces de vers de terre (>200 espèces), une douzaine sont exploitées par l'homme et présentent un intérêt commercial important. Les vers de terre sont utilisés pour le compostage des déchets organiques, la production d'engrais et de fertilisants, la production de protéines et comme appâts pour les poissons par les pêcheurs sportifs. Les vers peuvent être l'objet d'une récolte en milieu naturel pour une mise en marché directe comme le commerce des appâts ou bien sont l'objet d'un élevage qui peut être très intensif comme le « vermicompostage » ou la production de protéines (Anonyme 11,2009).

Les différentes espèces de vers vivent dans des niches écologiques différentes où elles réalisent aussi des fonctions différentes. Il en résulte que toutes les espèces de vers n'ont pas les mêmes besoins et ne survivent pas dans les mêmes conditions environnementales. Le choix des espèces pour une utilisation donnée est donc en fonction de certaines de leurs caractéristiques qui se prêtent bien à l'objectif poursuivi et aux conditions d'ambiance qui prévalent. Nous passons ici en revue des espèces qui présentent un intérêt commercial avec leur utilisation principale (Anonyme 11,2009).

### **1.3.1.. Lombric**

Le ver de terre commun, le lombric, (*Lumbricus terrestris*) est d'une grande taille, il atteint de 10 à 15 cm et son poids est de 3,5 à 4,0 g. Il est utilisé principalement comme appât pour la pêche sportive. Il n'existe pas de production intensive du lombric parce que cette espèce demande trop d'espace pour en faire l'élevage. Le marché est plutôt approvisionné par une récolte organisée de ce ver en nature depuis les pâturages et terrains de golf. Il est recherché comme appât parce qu'il atteint une taille importante et résiste bien à l'empalement sur un hameçon et à l'immersion dans l'eau froide (Anonyme 11,2009).

### **1.3.2 Ver de fumier**

Le ver de fumier (*Eisenia fetida*) est de petite taille, il ne dépasse pas 5 à 8 cm de longueur. Il ne peut survivre sans quantités suffisantes de matières organiques, c'est pourquoi on le retrouve seulement dans les tas de fumiers ou de compost et non pas dans les sols des jardins et des champs (Buch, 1991). On reconnaît facilement le ver de fumier à sa couleur rosée et à ses anneaux clairs, presque jaunes (Buch, 1991).

Il est communément utilisé pour les élevages à grande échelle en Amérique du Nord (Tomlin, 1981). Ces élevages intensifs sont pour le compostage des déchets organiques et la fabrication de protéines. Ce ver est très prolifique. Il se reproduit bien à des températures variant de 20 °C à 25 °C. Le ver du fumier est adapté pour exploiter les matières organiques en décomposition rapide telles que le fumier ou la végétation. Il vit en conditions de forte densité, ce qui signifie qu'il est possible d'en élever de grand nombre dans un espace restreint (Tomlin, 1981).

### **1.3.3 Lumbricus rubellus**

Ce ver ressemble à *Eisenia fetida* par sa petite taille et parce qu'il absorbe aussi la matière organique en grandes quantités. On le différencie du ver de fumier par sa couleur rouge unie (Buch, 1991). Il vit directement à la surface du sol caché sous les feuilles. On l'utilise volontiers pour l'élevage.

### **1.3.4 Ver nocturne africain**

Le ver nocturne africain (*Eudrilus eugeniae*) est de petite taille. Il est aussi l'objet d'une production intensive. Les conditions d'élevage et d'alimentation de cette espèce sont semblables à celle du ver du fumier (Tomlin, 1981). La température optimale d'élevage semble être d'environ 24 °C, mais il peut tolérer des températures variant de 20 °C à 26 °C. La croissance et la reproduction sont considérablement réduites à des températures inférieures à 20 °C (Tomlin, 1981).

### **1.3.5 Vers du jardin**

Les vers du jardin (*Aporrectodea trapezoides*, *A. tuberculata*, *A. turgida*) peuvent aussi être utilisés comme appâts et s'élever dans des contenants (Tomlin, 1981).

### **1.3.6 Eisenia hortensis ou veneta ou Dendrobaena veneta**

Cette espèce apparentée au ver du fumier décompose la matière organique en grande quantité, est très prolifique et s'élève en forte densité. Elle présente l'avantage d'avoir une taille intermédiaire entre le ver du fumier et le lombric qui permet d'en faire un ver d'appât acceptable par les pêcheurs. À la différence du lombric, *Dendrobaena veneta* se prête bien à l'élevage (Anonyme 11,2009).

## **1.4 Écologie**

L'omniprésence des vers dans le sol des jardins, des champs, des prairies et des forêts traduit une réussite écologique étonnante pour des animaux considérés par ailleurs comme « primitifs » ou « inférieurs » (Bouché, 1984).

Les vers décomposent la matière organique, aidés des bactéries et des champignons, conduisant à la libération d'éléments simples (azote, phosphore, potassium, etc.) directement assimilables par les plantes. Microorganismes et vers de terre jouent un rôle complémentaire dans la dégradation de la matière organique morte. Par ailleurs, le brassage de la terre que réalisent les vers, lequel s'accompagne de la formation d'humus (matière organique étroitement mêlée à la terre), joue un rôle essentiel dans la qualité des sols. Ils ont une fonction essentielle d'aération et de structuration des sols et contribuent fortement à la fertilité des milieux en transformant les déchets organiques (feuilles mortes, fèces d'animaux, etc.) en des composés directement assimilables par les plantes (Bouché, 1984).

Les vers de terre peuvent être employés pour traiter les déchets accumulés par l'homme tels que les ordures ménagères, les résidus agro-alimentaires et les boues de papeteries tout en produisant un terreau. Le vermicompost produit par les élevages de vers est très recherché par les producteurs de plantes.

Les vers sont des animaux aérobiques qui ont besoin d'oxygène pour vivre. N'ayant pas de poumons, ils absorbent l'oxygène et rejettent le CO<sub>2</sub> directement à travers la peau. Or, si le niveau d'oxygène baisse dans leur environnement, ils vont rechercher des conditions plus favorables.

Bien que les vers n'aient pas d'yeux, ils ont des récepteurs très sensibles à la lumière dans leur peau. Quand ils sont exposés à la lumière, ils cherchent à s'enfouir et ils ne vont ressortir qu'une fois l'obscurité revenue. La peau des vers est aussi très sensible au soleil et peut subir facilement une insolation.

## **1.5. Anatomie**

Les vers de terre sont des animaux qui se distinguent par une anatomie allongée et circulaire. Ce sont des annélides ou vers annelés, dont le corps est constitué par un série de nombreux anneaux successifs appelés les métamères (de 60 à 200), lesquels ont tous une anatomie à peu

près semblable et se répétant régulièrement (Figure 1). La région antérieure est plus effilée et porte la bouche; alors que la région postérieure, parfois plus renflée et légèrement aplatie, porte l'anus. Seule la partie correspondante à la tête, c'est à dire le tiers avant du ver, où sont situés les organes génitaux, se distingue des autres segments du corps par des organes supplémentaires. Le renflement dorsal, ou clitellum, sécrète un cocon qui reçoit les oeufs et les spermatozoïdes en période de reproduction. Les réceptacles séminaux et les orifices génitaux mâles et femelles sont situés entre le clitellum et l'extrémité antérieure. Les pores dorsaux et les soies sont présents sur chacun des métamères. La taille des vers de terre peut varier considérablement entre les espèces depuis quelques millimètres jusqu'à 3 mètres pour le ver de terre géant de l'Australie (Anonyme 11,2009).

## **1.6 Physiologie**

### **1.6.1 Respiration**

Les vers de terre n'ont ni poumons ni branchies pour respirer. La prise d'oxygène se fait par toute la surface du corps grâce à la peau qui assimile directement l'oxygène dissous dans l'eau. C'est pour cette raison que les vers de terre doivent toujours maintenir leur peau humide. Ils se protègent du rayonnement solaire en se dissimulant dans la végétation et dans le sol et vont émerger à la surface seulement à la nuit venue comme le lombric. Si un ver est sorti de terre et exposé à la lumière solaire, il essaiera de se protéger du dessèchement qui entraîne la mort par des sécrétions d'un mucus protecteur.

### **1.6.2 La locomotion**

Les deux couches musculaires qui enrobent le ver permettent une locomotion efficace. La musculature circulaire externe est responsable des contractions segmentaires et la musculature longitudinale, plus interne, permet l'allongement des segments. Les soies permettent l'accrochage à la paroi des terriers et le pore dorsal l'éventuelle évacuation rapide du liquide cœlomique. Cet ensemble constitue un outil pneumatique remarquable, permettant la reptation par mouvement péristaltique. Le travail musculaire est réglé segment par segment grâce à un chapelet de cavités étanches susceptibles de communiquer entre elles par des sphincters (Bouché, 1984).

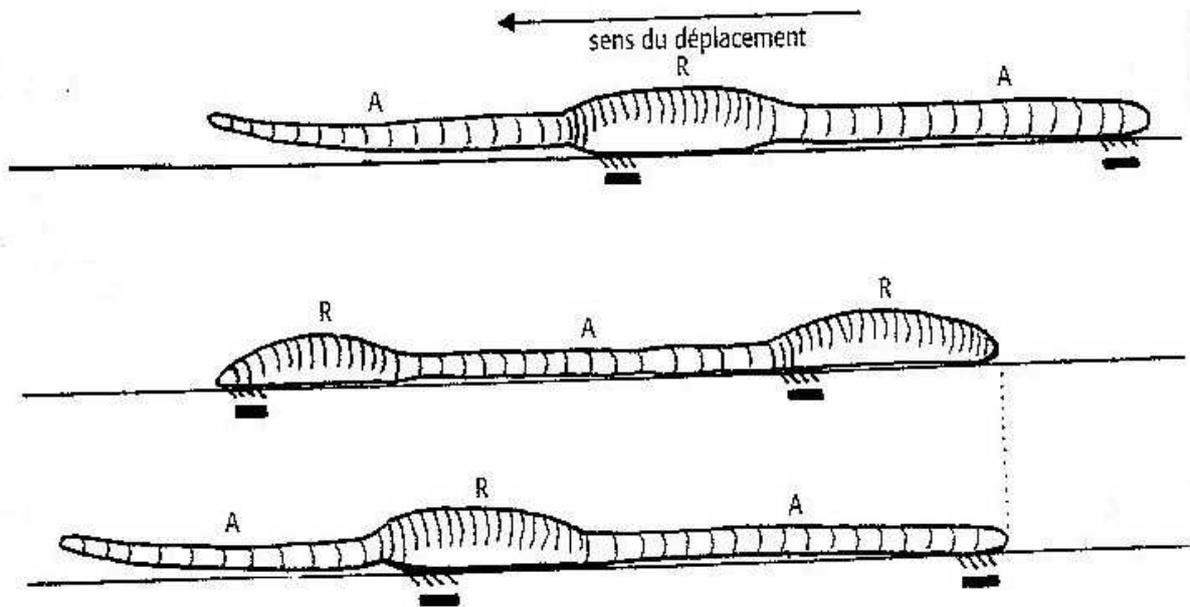


Figure I : Déplacement du ver de terre

A : Allongement

R: Raccourcissement

(Extrait de la découverte du monde du vivant, R.Tavernier, BORDAS)

### 1.6.3. Reproduction

Ils se reproduisent rapidement et peuvent dans des conditions favorables, avoir une durée de vie supérieure à 600 jours. (Venter et al in Ouahrani, 2003). Ils peuvent atteindre sa maturité sexuelle observable au développement du clitellium (fig.), en 4 à 6 semaines, après l'éclosion (Fayolle, 1982 in Ouahrani ,2003).

La reproduction des cocons par *Eisenia fetida* est maximale les trois premiers mois de la vie adulte, et peut se poursuivre pendant au moins 500 jours. Après accouplement, le cocon se forme en 2 à 4 jours (Fayolle, 1982 in Ouahrani ,2003).

Les cocons, une capsule ayant la forme d'un citron et aux dimensions approximatives de 6 mm de longueur par 4 mm de largeur, qui contiennent les œufs fécondés. Habituellement, les cocons éclosent au bout de 14 à 21 jours, quand les conditions sont favorables, et donnent de un à deux vers. Si les conditions de température et d'humidité ne sont pas favorables les capsules demeurent intactes en attendant de meilleures conditions. Les

capsules peuvent survivre à des conditions adverses de sécheresse et de chaleur où les vers ne survivraient pas.

#### **1.6.4 Régénération**

La grande capacité de régénération est un mécanisme de défense pour la survie. Le ver peut régénérer la partie postérieure de son corps qui a été sectionnée (Buch, 1991)

Tableau II: Moyennes  $\pm$  intervalle de confiance à 95% des N-total, N-Adultes ; N-Juvéniles et N-Cocons dans L1, L2, L3, L4 et L5.

	février				mars			
	N Total (ad+juv)	N Juvéniles	N Cocons	N Adultes	N Total (ad+juv)	N Juvéniles	N Coco ns	N Adultes
L1	[18.79±79.86] (0-34)	[11.83±113.14] (0-34)	0	[6.66±33.27] (0-16)	[14±49.94] (9-24)	[8±79.86] (0-24)	0	[5.57±28.43] (0-9)
L2	[10±0] (0-10)	0	0	[10±0] (0-10)	[9.33±2.23] (0-9)	0	0	[9.33±2.23] (0-9)
L3	[18.33±46.23] (10-26)	[11.66±58.87] (0-19)	0	[6.67±33.27] (0-10)	[13±29.95] (10-19)	[6.33±63.22] (0-19)	0	[6.66±33.27] (0-10)
L4	[11.66±16.63] (10-15)	[5±49.41] (0-15)	0	[6.66±33.27] (0-10)	[11.33±18.52] (9-15)	[5±49.91] (0-15)	0	[6.33±31.74]
L5	[13.33±33.27] (10-20)	[6.66±66.55] (0-20)	0	[6.66±33.27] (0-10)	[12.33±39.23] (7-20)	[6.66±66.55] (0-20)	0	[5.66±29.57] (0-10)

	avril				mai			
	N Total (ad+juv)	N Juvéniles	N Cocons	N Adultes	N Total (ad+juv)	N Juvénil es	N Cocons	N Adultes
L1	[13±45.01] (8-22)	0	[3.33±13.63] (0-5)	[13±45.01] (8-22)	[26±109.97] (8-46)	[17.66±110.32] (0-38)	[10.33±35.21] (5-17)	[8.33±3.32] (8-9)
L2	[9.33±3.32] (9-10)	0	0	[9.33±3.32] (9-10)	[40±194.7] (9-76)	0	[6.66±44.02] (0-15)	[9.33±3.32] (9-10)
L3	[14.66±25.99] (10-19)	[1.66±16.63] (0-5)	[2.66±3.05] (0-6)	[13±29.95] (0-10)	[26.33±69.72] (17-40)	[1.66±6.63] (0-5)	[2.66±30.5] (0-6)	[13±293.95] (10-19)
L4	[10.33±18.8] (9-12)	0	[6.33±17.60] (3-9)	[10.33±8.8] (9-12)	[55±139.77] (29-77)	[46.66±126.98] (24-68)	[11.33±33.27] (3-9)	[8.33±17.6] (5-11)
L5	[12.33±39.23] (7-20)	0	[5±28.82] (0-10)	[12.33±39.23] (7-20)	[41±95.93] (22-53)	[28.66±133.24] (22.53)	[5.33±11.99] (3-7)	[12.33±39.23] (7-20)

	Juin				juillet			
	N Total (ad+juv)	N Juvéniles	N Cocons	N Adultes	N Total (ad+juv)	N Juvéniles	N Cocons	N Adultes
L1	[35.33±52.3] (27-45)	[27±52.82] (19-37)	[3.66±20.24] (1-3)	[8.33±3.32] (8-9)	[35.33±52.3] (27-45)	[27±52.82] (19-37)	[2±5.76] (1-3)	[8.33±3.32] (8-9)
L2	[24±50.25] (18-34)	[13.33±53.55] (7-24)	[5.66±31.74] (2-12)	[10.66±31.74] (2-12)	[25±83.13] (13-41)	[14±85.3] (4-31)	[1.33±6.65] (0-2)	[11±15.25] (9-14)
L3	[24.33±54.47] (17-35)	[7±43.51] (0-15)	[4±20.78] (0-7)	[17.33±14.5] (15-20)	[17±0] (17-17)	[1.3±8.8] (0-3)	[0.66±6.65] (0-2)	[15.66±8.8] (14-17)
L4	[36±39.93] (32-44)	[27.66±29.01] (23-33)	[6.33±28.43] (3-12)	[8.33±17.6] (5-11)	[37.66±80.97] (23-51)	[28.33±77.83] (15-42)	[4±5.76] (3-5)	[9.33±8.8] (8-11)
L5	[23±45.75] (14-29)	[10.33±35.21] (5-17)	[6.33±16.63] (3-8)	[12.66±36.6] (9-20)	[33.66±86.52] (25-51)	[25±84.91] (16-42)	[4.66±21.82] (2-9)	[8.66±3.32] (8-9)

	août				septembre			
	N Total (ad+juv)	N Juvéniles	N Cocons	N Adultes	N Total (ad+juv)	N Juvéniles	N Cocons	N Adultes
	[19±56.76]	[11±52.82]	0	[8±5.76]	[19±56.76]	[11±52.82]	0	[8±5.76]
	[25.83±83.13] (13-41)	[14±85.3] (4-31)	[1.33±6.65] (0-2)	[11±5.25] (9-14)	[25.83±83.13] (13-41)	[14±85.3] (4-31)	[1.33±6.65] (0-2)	[11±5.25] (9-14)
	[8.33±44.02] (0-15)	[8.33±44.02] (0-15)	0	0	[8.33±44.02] (0-15)	[8.33±44.02] (0-15)	0	0
	[18.66±11.52] (15-21)	[10.66±8.8] (9-12)	0	[8±25.12] (3-11)	[18.66±11.52] (15-21)	[10.66±8.8] (9-12)	0	[8±25.12] (3-11)
	[23.33±24] (20-28)	[15.33±29.57] (11-21)	0	[8±5.76] (7-9)	[23.33±24] (20-28)	[15.33±29.57] (11-21)	0	[8±5.76] (7-9)

Tableau III : Moyennes  $\pm$  intervalle de confiance à 95% de la biomasse des individus dans L1, L2, L3, L4 et L5. « Intervalle de confiance entre crochets, le minimum et le maximum entre parenthèses ».

	L1	L2	L3	L4	L5
<b>Février</b>	[5,53 $\pm$ 2,98] (5.11-6.11)	[4.8 $\pm$ 1.15] (4.6-5)	[4.66 $\pm$ 1.66] (4.5-5)	[5.13 $\pm$ 1.33] (5-5.4)	[4.08 $\pm$ 1.81] (3.77-4.4)
<b>mars</b>	[5.12 $\pm$ 0.98] (4.93-5.25)	[5.74 $\pm$ 8.24] (4.85-7.28)	[4.66 $\pm$ 1.66] (4.5-5)	[5.19 $\pm$ 2.25] (4.75-5.5)	[4.49 $\pm$ 7.1] (3.07-5.25)
<b>avril</b>	[4.38 $\pm$ 7.48] (3.5-6.2)	[5.33 $\pm$ 12.52] (3.02-7.33)	[6.47 $\pm$ 5.44] (5.38-7.05)	[6.61 $\pm$ 2.98] (6.23-7.2)	[5.64 $\pm$ 10.98] (3.7-5.52)
<b>mai</b>	[3.11 $\pm$ 4.24] (2.36-3.6)	[4.12 $\pm$ 6.52] (3.12-5.35)	[6.47 $\pm$ 5.44] (5.38-7.05)	[3.54 $\pm$ 2.32] (3.08-3.82)	[4.38 $\pm$ 13.42] (2.93-7.07)
<b>Juin</b>	[3.21 $\pm$ 4.24] (2.5-3.76)	[4.13 $\pm$ 6.51] (3.12-5.35)	[5.79 $\pm$ 5.96] (5.11-6.93)	[3.35 $\pm$ 2.33] (3.09-3.82)	[4.37 $\pm$ 13.29] (2.93-7.03)
<b>Juillet</b>	[2.98 $\pm$ 2.45 ] (2.5-3.31)	[3.86 $\pm$ 7.06] (2.47-4.2)	[4.04 $\pm$ 2.65] (3.52-4.4)	[2.2 $\pm$ 5.94] (1.19-3.25)	[3.12 $\pm$ 9.2] (2.18-4.97)
<b>Août</b>	[2.9 $\pm$ 2.45 ] (1.93-3.88)	[3.61 $\pm$ 8.46] (1.93-4.63)	[1.77 $\pm$ 8.93] (0-2.89)	[2.35 $\pm$ 6.24] (1.1-3.12)	[3.26 $\pm$ 9.7] (2.12-5.2)
<b>septembre</b>	[2.9 $\pm$ 2.45 ] (1.93-3.88)	[3.61 $\pm$ 8.46] (1.93-4.63)	[1.77 $\pm$ 8.93] (0-2.89)	[2.35 $\pm$ 6.24] (1.1-3.12)	[3.26 $\pm$ 9.7] (2.12-5.2)

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Anonyme 1** : ITAVI et ITP 2005 - Institut Technique de l'AViculture et Institut Technique du Porc : étude du marché des fertilisants organique ; étude réalisée pour le compte de l'OFIVAL (Office Interprofessionnel de Viande France. 55 pages).

**Anonyme 2** : ITEB 1991- L'élevage bovin et l'environnement –guide pratique. Annexe : Bâtiments d'élevage bovin et porcin- réglementation et préconisations. Ministère de l'Agriculture, ITEB, 94 pages.

**Anonyme 3** : ADAS 1993- Les fertilisants organiques. Sciences et techniques de l'an 2000 : 124 pages.

**Anonyme 4** :ITAB. 2001 b - Guide des matières organiques. Tome 1. Deuxième édition 2001 p87

**Anonyme 5** : CORPEN 2006 - COMITE D'ORIENTATION POUR DES PRATIQUES AGRICOLES RESPECTUEUSES DE L'ENVIRONNEMENT (GROUPE VOLAILLES) : estimation des rejets d'azote. Phosphore. Potassium. Calcium. Cuivre. Zinc par les élevages avicoles.

**Anonyme 6** : cemagref 2002 - [www.cemagref.fr](http://www.cemagref.fr)

**Anonyme 7** : REME 2011- Réseau des Entreprises Maghrébine pour l'Environnement. Gestion de déchets Organiques : Valorisation des Déchets dans le Secteur Agroalimentaire au Maghreb.

**Anonyme 8** : 2010 - étude de faisabilité de nouvelles techniques pour la valorisation des déchets dans le secteur Agroalimentaire au Maghreb Arabe.

**Anonyme 9** : 2001 - Sciences et techniques avicoles : Les déjections avicoles. Hors série.

**Anonyme 10** : ADAESO – APESA : 2000 - Synthèse bibliographique « la valeur agronomique des composts »

**Anonyme 11** : DADD.2009 - Direction de L'Aquaculture et de Développement Durable (Québec); Exploitation et élevage des vers de terre pour le marché des appâts vivants.14pages.

**Anonyme 12** : 2000 - Amende et support de culture –NF. En 13039. Fev.Ed. Association Française de normalisation de Skikda (Zef Zef).CEGEP.59p.

**Anonyme 13** : 2011 [www.statsoft.fr](http://www.statsoft.fr). Statistiques des entreprises

**Anonyme 14**: 2011 [ww.aquatechnique@wanadoo.fr](mailto:ww.aquatechnique@wanadoo.fr)

**Anonyme 15** : 2009 - Sustainable and organique agriculture programme.

- Anonyme 16** :2001 - Fertiliser avec les anglais de ferme, réalisé par: Institut Technique de l'Aviculture ITAVI ET Institut Technique des céréales et de fourrages(ITCF), ITF (Institut Technique des Fourrages). France.126p.
- ABED N.**, 2006 - Contribution à l'étude de la valorisation des ordures ménagères par le lombricompostage. Mémoires d'ingénieur d'état. Univ Mentouri CONSTANTINE.
- AIRA M., MONROY F. and DOMINGUEZ J.**, 2006 - C to N ratio strongly effects population structure of Eisenia Foetida in vermicomposting systems. Bioresource Technology. Accessed from Science Direct.
- AUDOUIN L.**, 1989- Traitements industriels des effluents d'élevage in SNVIMA. qualité de l'environnement et production animales .R.ROSSET, PARIS 211-217
- ALEXANDER R.**, 1993- Recycler les déchets agro-industriels landeuse : prise en compte des problèmes environnementaux en agriculture. Memoire de fin de d'étude, 71 p Bruxelles.
- ATIYEH R. M., SUBLER S., EDWARDS C.A., BACHMAN G., METZGER J. D. and SHUSTER W.**, 2000 - Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil.
- BECHE J M.**, 1991- L'élevage bovin et l'environnement: guide pratique ITEB, Paris, 250pages.
- BERNAL M. P., SANCHEZ-MONEDERO M. A., PAREDES C. & ROIG A.**, 1998. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 69, 175-189.
- ALBRECHT .R.**, 2007 - Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : Nouvelles méthodes du suivi de transformation de la matière organique. Thèse de doctorat de l'université Paul Cézanne Aix-Marseille III en Sciences de l'environnement.
- BOUCHE M.**, 1984-Les vers de terre.
- BOUDJENAH H. et KHOJA N.**, 2008 - Contribution à une enquête sur la décharge contrôlée (C.E.T) de SKIKDA, et essai de valorisation des déchets organiques par compostage et lombricompostage. Mémoires d'ingénieur d'état. Univ Mentouri CONSTANTINE.
- BUCH W.**, 1991- Le ver de terre au jardin. Arts Graphiques Européens. 124 p.
- CHABALIER P.F., KERCHOVE de V.V. et MACARY H.S.**, 2006 - guide de la fertilisation organique à la réunion.
- CHENNOUF S. et FOUGHALI M.**, 2009 - Contribution à un essai de valorisation, par compostage et lombricompostage, des ordures ménagères générées par une collectivité estudiantine (Restaurant de la résidence universitaire Med Essadik Ben Yahia El khroub). Mémoires d'ingénieur d'état. Univ Mentouri CONSTANTINE.
- CULLISON A.E., MCCAMPBELL H.C., CUNNIGHAM A.C., LOWREY R.C., WARREN EP., MCLENDON B.D. And SHERWOOD D.H.**, 1976 -Use of poultry manures in steers finishing rations. *J Anim Sci* 42, 219-228.

- DICKERSON G.W., 2004** - Vermicomposting, Extension Horticulture Specialist, Cooperative Extension Service College of Agriculture and Home Economics.
- EI-GACI M., et MEDJERDAOUI L., 2008** - Contribution à une enquête et à la Valorisation Lombricompostage des fientes. Mémoires d'ingénieur d'état. Univ Mentouri CONSTANTINE.
- EDWARDS C.A. and BOHLEN P.J., 1996** - Biology and ecology of earthworms. Chapman & Hall, 426 pages.
- FAYOLLE L., 1982** - Etude de l'évolution du système déchets-lombriciens-micro-organismes: perspectives appliquées. Thèse Doc.Ing. Université Claude Bernard, Lyon.130p
- FONTENOT J.P. and WEBB Jr. KE., 1975** - Ensiled broiler litter with different moisture levels. J Anim Sci 40, 200 (abstract).
- FOURMONT D., 1982** - Les fientes de volailles déshydratées utilisées dans l'alimentation des ruminants, thèse de doctorat vétérinaire, université Claude Bernard, Lyon, 203 pages.
- FRENCH A., MACEDO M., POULSEN J., WATERSON T. and YU A., 2005-** Multivariate Analysis of Variance (MANOVA).
- GARG V.K., CHAND S., CHHILLAR A. and YADAV A., 2004** - Growth and reproduction of *Eisenia foetida* in various animal wastes during vermicomposting.
- GARG V.K. and KAUSHIK P., 2005-** Vermistabilization of textile mill sludge spiked with poultry droppings by an epigeic earthworm *Eisenia foetida*. Biores. Technol. 96, 1189-1193.
- GHEISARI S., DANESH S. and MOUSAVI S.M., 2010-** Growth and Reproduction of *Eisenia fetida* in Vermicomposting of Organic Fraction of Municipal Solid Wastes. Asian Journal of Chemistry
- GODDEN B., 1995** - La gestion des effluents d'élevage. Techniques et aspect du compostage dans une ferme biologique. Revue de l'Ecologie.No 13.p37.
- GRAMMONT A., LAURENT J.L., CHEZE B. et CLEMENT J., 1994** - Maîtrise et prévention des pollutions dues aux élevage, Villepinte, 16 février 1994, Edition CEMAGREF,Antony, 145 pages.
- GRIGATTI M., CIAVATTAC. and GESSA C., 2004** - Evolution of organic matter from sewage sludge and garden trimming during composting. *Bioresource Technology* 91, 163-169.
- KHAN A.A., 2006** - Vermicomposting of poultry litter using *eisenia foetida*. Submitted to the Faculty of the Graduate College of the Oklahoma State University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of MASTER OF SCIENCE.
- LAOS F., MAZZARINO M. J., WALTER I., ROSELLI L., SATTI P. & MOYANO S., 2002.** Composting of fish offal and biosolids in northwestern Patagonia. *Bioresource Technology* 81,179-186.

- LE CLECH B.**, 1998 - Environnement et agriculture, 2<sup>ème</sup> édition, éditions synthèses agricoles, Bordeaux, 342 pages.
- METRAS R.**, 2003- Utilisations et dangers sanitaires microbiologiques liés aux effluents d'élevage. Thèse de doctorat de l'école nationale vétérinaire de Lyon.150 pages.
- MISRA R.V., ROY N R. et Hiraoka H.**, 2005 - Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole.document de travail sur les terres et les eaux .F.A.O.48 pages.
- MUNROE G.**, 2005: Guide du lombricompostage et de la lombriculture à la ferme Centre d'agriculture biologique du Canada.
- MULLER Z.O.**, 1980 - Feed from animal wastes: state of knowledge. FAO - Animal Prod Health Paper 18, 190
- MUSTIN M.**, 1987 - Le Compost, gestion de la matière organique.F. Dubuse 954 pages.
- NAGAVALLEMMMA K.P., WANI S.P., STEPHANE L., PADMAJA V.V., VINEELA C., BABU R.M. AND SAHRAWAT KL.**, 2004 - Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. Global Themeon Agrecosystems Report no. 8. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops ResearchInstitute for the Semi-Arid Tropics. 20 pp.
- NEFZAOUI A.**, 1991 - Valeur nutritive des ensilages combinés de fientes de volailles et de grignons d'olives. I. Influence de la durée d'accumulation des fientes et des proportions respectives de fientes et de grignons sur la composition chimique et les caractéristiques fermentaire des ensilages. Article original (INRA de Tunisie, laboratoires de nutrition animale, Ariana2080, Tunisie.).
- OUAHRANI G.**, 2003 - Les lombrotechniques appliquées aux évaluations et aux solutions environnementales .Thèse de doctorat Etat .Es Sci.Univ Mentouri. Constantine.221p
- PÜTZ P.**, 2000 - Rapport d'application analyse de laboratoire & analyse en continu : éléments nutritifs, composés azotés.
- SABINE J.R.**, 1983 - Earthworms as a source of food and drugs. "Earthworms ecology: from Darwin to vermiculture" Chapman and Hall, London, 285-296.
- SAINT-PIERRE M.A., LAVERDERE M.R., PAGE F. & COTE L.**, 1999 - Transformation de Fientes de poulets et de résidus de scieries par le lombricompostage. Biocycle.1.65-69
- SHERMAN R.**, 2003 - Raising earthworms successfully, articl published by North Carolina Cooperative Extention sevice.
- SMEESTERS E.**, 1993 - Le compostage domestique "comment transformer vos déchets organiques en mine d'or pour le jardin "bibliothèque nationale du Québec
- SUTHAR S.**, 2009 -Impact of vermicompost and composted farmyard manure on growth and yield of garlic (*Allium stivum L.*) field crop.

**TOMLIN AD.,** 1981- Élevage des vers de terre. Agriculture Canada. Canadex No 489. 4 pages

**TOURNADE J., et MICHAU J.,** 2011 - Les engrais de ferme. Une ressource de qualité au service de la fertilité des sols ; étude réalisée pour le compte, article de la chambre d'agriculture et de territoires de Dordogne, France.

**TOU I., IGOUD S., et TOUZI A.,** 2001- Production de Biométhane à Partir des Déjections Animales. Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation – Biomasse, 103-108.

**ZNAIDI I.,** 2002 - Etude et évaluation du compostage de différents type de matières organiques et effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes ( master of science degree mediterrenien organique agriculture)

## **Abstract:**

The objective of our study consists of the valuation by vermicomposting of the droppings of chickens. For that purpose, five various doses of droppings underwent a process of vermicomposting lasting 8 months to determine the dose which allows the obtaining of a high C/N and an important multiplication of earthworms of the species *Eisina fetida*.

The physico-chemical analyses coupled by a statistical study (the analysis of the variance ANOVA) reveal that certain parameters are favorable both for the progress of the vermicomposting and for the development of lombriciens. These accelerate the transformation of the organic residues by favoring the degradation of the organic matter. So the results concerning the development of lombriciens (staff and biomass (g)) shows that the mixture of droppings of chickens with the cardboard and the shells of eggs is a quality substratum for an optimal development of lombriciens.

Indeed, the results stemming from the test of seeding for the seeds of barley confirm that the vermicomposting allowed obtaining a vermicompost of quality having an agronomic value.

We hold according our results that the vermicomposting would be an interesting alternative in the valuation of droppings of chickens and their use in organic farming.

**Key words:** chicken's droppings, vermicomposting, worms *Eisina fetida*, valuation, organic wastes, ANOVA, MANOVA, ACC.

الهدف من هذه الدراسة تقييم مخلفات دجاج اللحم عن طريق التسميد بواسطة دود الأرض  
(*Eisinia fetida*)

لهذا تمت تجربة خمس مكونات مختلفة من اجل الحصول على (C/N) مرتفع ونسبة تكاثر مهمة.

التحليل الفيزيو كيميائية المتبوعة بتحليل الإحصاء الحيوي (ANOVA) بينت أن بعض العوامل لها ضرورة لعملية التسميد بالنسبة لتكاثر دود الأرض. هذه الأخيرة تسرع تحويل البقايا العضوية بتحفيز هدم المادة العضوية.

النتائج المتعلقة بتطور دود الأرض (العدد و الكتلة الحيوية) أظهرت أن إضافة الكرتون و قشر البيض إلى مخلفات دجاج اللحم هي مادة ذات نوعية بالنسبة لتكاثر دود الأرض. النتائج المستخلصة من الانتاش لبذور الشعير أكدت أن عملية التسميد باستعمال دود الأرض تسمح بالحصول على سماد ذو نوعية و له قيمة زراعية. نستخلص من هذه النتائج أن التسميد باستعمال دود الأرض سيخلق بديل مهم في تقييم مخلفات دجاج اللحم و استعمالها في الزراعة البيولوجية.

- الكلمات المفتاحية مخلفات دجاج اللحم – التسميد- دود الأرض- تسيير- تقييم- النفايات العضوية –ANOVA-MANOVA-ACC.

**Titre** *Etude de la gestion et valorisation des Fientes par le lombricompostage dans la willaya de Constantine.*

**Nature de diplôme** MAGISTERE en ÉCOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

**Option** GESTION DES DECHETS

**Résumé :**

L'objectif de notre étude consiste en la valorisation des fientes de poulets de chair par lombricompostage. Pour cela, cinq différentes doses de fientes ont subi un processus de lombricompostage pendant 8 mois pour déterminer la dose qui permet l'obtention d'un C/N élevé et une multiplication importante de vers de terre de l'espèce *Eisina fetida*

Les analyses physicochimiques couplées d'une étude statistique (l'analyse de la variance ANOVA) révèlent que certains paramètres sont favorables tant pour le déroulement du lombricompostage que pour le développement des lombriciens. Ceux-ci accélèrent la transformation des résidus organiques en favorisant la dégradation de la matière organique. Ainsi les résultats concernant le développement des lombriciens (effectifs et biomasse(g)) montrent que le mélange de fientes de poulets de chair avec le carton et les coquilles d'œufs est un substrat de qualité pour un développement optimal des lombriciens.

En effet, les résultats issus du test de germination pour les graines de l'orge confirment que le lombricompostage a permis d'obtenir un lombricompost de qualité ayant une valeur agronomique.

Nous retenons d'après nos résultats que le lombricompostage serait une alternative intéressante dans la valorisation des fientes de poulets de chair et leur utilisation en agriculture biologique.

**Mots clés :** Fientes, lombricompostage, *Eisina fetida*, gestion, valorisation, déchets organiques. ANOVA, MANOVA, ACC.

**Laboratoire de recherche :** ECOLOGIE N° 07 SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
UNIV.MENTOURI- CONSTANTINE

**Directeur de recherche :** PROFESSEUR OUAHRANI G.