

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de

Magister

Spécialité : Biologie

Option : Eco-pédologie et environnement

Présenté par : M^{elle}. KEMASSI Samia

THEME

Etude de l'impact des vers de terre sur l'évolution de la matière organique en régions sahariennes : Cas de la cuvette de Ouargla.

Soutenu publiquement : / / 2015

Devant le jury :

Me.SAKER M.L.	Professeur	Université de Ouargla	Président
Me.DADDI BOUHOUN. M	M.C.A	Université de Ouargla	Promoteur
Me. HAMD-AÏSSA B	Professeur	Université de Ouargla	Examineur
Me. GUEZOUL. O	M.C.A	Université de Ouargla	Examineur

Année Universitaire : 2014/2015

Remerciements

Arrivé au terme de ce mémoire tiens à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont aidée à le réaliser, spécialement mon encadreur Me. DADDI BOUHON M, qui a fourni toute les efforts pour que je fasse un bon travail.

Mes remerciements aussi à tous les membres du jury Me. SAKER .M, Me. HAMDİ AÏSSA B et Me. GUEZOULO, et le chef de laboratoires pédagogiques Me. BAGGAR .Aussi aux chefs de laboratoires de recherche Me. DIDI OUELD ELHAJE et Me. CHAHMA A.

A Me. BENSLAMA, professeurs à l'université BADJI MOKHTAR de Annaba et Me. DOMANJI à l' 'I.N.A. d'El-Harrach.

A tous les profs de l'I.T.A.S spécialement M^{elle} CHAOCH S, Me. CHAABENNA A, Mr. KEMASSI A, Me. ZANKHRI S, M^{me} BABA HANI S, M^{me} OUKASSI S, Me. DJILI B.

Sans oublier M^{elle} OUSTANI, M^{me} BOUKHALFA N, Me. KHMISSE B, M^{elle} KHMISSE A, M^{elle} HAJAJE S, Me. TAHARA H, Me. BABZIZ OMAR et M^{me} BEN BRAHIME A pour leurs encouragements au cours de mon travail et les laborantes de l' 'A.N.R.H et de l' 'I.T.A.S.

Enfin, je suis reconnaissante à tous les membres de ma famille, et à tous mes amis qui m'ont soutenue tout au long de mes études.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mon père

A ma mère

A ma grand-mère

A mon frère, sa femme et ses enfants

A ma nièce Meriem

A toute mes sœurs

A toutes mes amies

A toute la famille KEMASSI et SOMAA

et

...

Résumé

Etude de l'impact des vers de terre sur l'évolution de la matière organique en régions sahariennes : cas de la cuvette de Ouargla.

Le vers de terre est un agent biologique favorisant la décomposition de la matière organique. Ils sont peu étudiés en zone saharienne, notamment dans la cuvette de Ouargla. Notre étude dans cette région vise à étudier l'impact des vers de terre sur l'évolution de la matière organique. L'approche méthodologique consiste à étudier la bio-écologie des lombrics par identification et étude de leurs milieux de vie ainsi que leur pouvoir de dégradation des matières organiques. Les résultats obtenus montrent l'existence dans la palmeraie du Ksar de Ouargla de quatre espèces (*Lumbricus terrestris*, *Allolobophora icterica*, *Aporrectodea longa*, *Lumbricus rubellus rubellus*), adaptés aux conditions hydro-halomorphes des palmeraies. Les lombrics favorisent la décomposition des matières organiques de rapport MO/sol de l'ordre 1/4, notamment de type fumiers de volaille et de bovin par la diminution du rapport C/N et de la salinité. L'utilisation des fumiers purs a conduit à la mortalité des lombrics. Il est déconseillé d'utiliser pour lombricompost des produits végétaux fortement lignifiés de palmes et de feuilles d'olivier car cela réduit l'action de décomposition des lombrics.

Mots clés: vers de terre, matière organique, évolution, régions sahariennes.

دراسة تأثير ديدان الأرض على تطور المادة العضوية في المناطق الصحراوية : حالة حوض ورقلة.

ديدان الأرض هي عامل بيولوجي تساهم في تحلل المواد العضوية. وهم أقل دراسة في مناطق الصحراوية، وخاصة في حوض ورقلة. يهدف باحثنا في هذه المنطقة إلى دراسة تأثير ديدان الأرض على تطور المواد العضوية. الأسلوب المنهجي يعتمد على الدراسة الحيوية والإكولوجية لديدان الأرض بتحديد ودراسة بيئتهم وإمكانيتهم في هدم المواد العضوية. أظهرت النتائج المتحصل عليها في بستان نخيل قصر ورقلة وجود أربعة أنواع (*Lumbricus terrestris*, *Allolobophora icterica* *Aporrectodea longa*, *Lumbricus rubellus rubellus*)؛ وهي متأقلمة مع الظروف المائية و ملحية لبساتين النخيل. ديدان الأرض تعزز تحلل المواد العضوية نسبة المواد العضوية / التربة تعادل 4/1، خاصة في نوع السماد الدواجن و الأبقار بانخفاض نسبة C / N والملوحة. وأدى استخدام السماد العضوي النقي إلى وفاة ديدان الأرض. لا ينبغي استخدام البقايا النباتية المتخشبة لجريد النخيل وأوراق الزيتون في مزرعة السماد الدودي لأن هذا يقلل من عمل الديدان في التحلل.

الكلمات المفتاح: ديدان الأرض، المادة العضوية، تطور، المناطق الصحراوية.

Abstract

**Study of the impact of earthworms on the evolution of organic matter in Saharan regions:
Case of the bassin of Ouargla.**

The earthworm is a biological agent that favors the decomposition of organic matter. It is not well studied in Saharien region especially in the bassin of Ouargla. Our work focuses on studying the impact of earthworms on the evolution of organic matter in the basin of Ouargla. Our methodological approach consists of identifying earthworm, studying their ecological environment and their capacity of organic matter degradation.

The obtained results indicated the presence of four species (*Lumbricus terrestris*, *Allolobophora icterica*, *Aporrectodea longa*, *Lumbricus rubellus rubellus*) that are well adapted with the conditions of our palm groves.

The earthworms promote the decomposition of organic matter which the proportion MO/soil is $\frac{1}{4}$, particularly with poultry and cattle manure by the decrease of the C/N proportion and the salinity.

The use of pure manures leads to the mortality of earthworms. It is inadvisable to use the vermicompost of greatly lignified plant wastes of olive trees leaves and palmes because that will reduce the action of decomposition.

Key words: Earthworms, Organic Matter, Evolution, Saharian regions.

Introduction

La biomasse animale peut être divisée en quatre catégories selon la taille des organismes, où il y a la micro-, méso-, macro- et mégafaune. L'ensemble de la biomasse atteint jusqu'à 20 % de la masse totale de la fraction biologique dans un sol de prairie. Les effets de la faune du sol sont mécaniques macro-brassage, micro-brassage, formation de galeries, fragmentation de la matière organique fraîche, mélange intime entre la matière organique et les minéraux du sol et la formation d'agrégats. Ces activités sont indispensables au développement des qualités agronomiques d'un sol (CHABALIER *et al.*, 2006).

Les vers de terre sont l'un des ingénieurs physiques de l'écosystème qui renouvellent la structure du sol (SAUREL *et al.*, 2010). Ils jouent un rôle important dans les cycles biogéochimiques (JANDL et WENZEL, 2011).

Au Chili les vers de terre sont utilisés à lombrifiltre (NAIGEON, 2005), ainsi que HADIDA (2008), montre que le village de Combaillaux où est le premier à utiliser cette technique en Europe pour épurer les eaux usées, l'idée est venue du Chili. Par ailleurs, SUDHIR *et al.* (2010), signalent que la décharge de vermi-filtrée finale était propre et sa bio-sécurité s'évalue en l'utilisant à des fins secondaires, l'irrigation et la culture de spiruline. Au zootechnie, les vers de terre peuvent être utilisés pour l'alimentation des volailles (FRAB et APABA, 2012).

DARWIN (1890), montre que les vers de terre sont distribués dans tout le monde sous la forme de quelques genres. L'identification des vers de terre montre qu'il y a plus de 3000 espèces dans le monde, dont une centaine en France. Les vers de terre représentent environ 70% de la biomasse animale terrestre dans les zones tempérées (VIGOT et CLUZEAU 2014). Dans la plupart des écosystèmes terrestres, ce sont les lombrics qui dominent la macrofaune du sol. En Europe, il existe 400 et en Suisse 40 espèces de vers de terre (PFIFFNER, 2013).

Les études menées sur les vers de terre en Algérie sont rares, les premiers travaux ont été réalisés par BEDDARD (1892 in TITRAWI *et al.*, 2006). BERRA (1998 in TITRAWI *et al.*, 2006) signale que les vers de terre en zone d'Alger sont présents à Bir Touta, El-Harrach et El-Hama. Ainsi que TITRAWI *et al.* (2006) montrent qu'il y a 4 espèces lombriciennes sont capturées dans

leurs étude au Kouba. BAZRI (2015) monte que 18 espèces lombriciennes sont recensées à l'Est Algérien.

A travers notre prospection bibliographique, les études sur les vers de terre et leurs rôles en zones sahariennes sont rares. Parmi les chercheurs travaillant sur celle-ci, PAVLÍČEK et CSUZDI (2005) qui signalent que les vers de terre (Lumbricidae) sont présents à l'Oasis el Azraq en Jordan.

Dans ce contexte, notre travail de recherche se propose d'étudier l'impact des vers de terre sur l'évolution de la matière organique dans la cuvette de Ouargla. Notre approche méthodologique consiste à faire une prospection dans une ancienne palmeraie pour l'échantillonnage des vers de terre, afin de les identifier, apprécier leur biomasse et étudier leur milieu écologique, ainsi que leur pouvoir de dégradation des matières organiques en sols de palmeraie du Ksar à Ouargla.

Notre recherche est constituée de trois parties : la première fait l'objet d'une synthèse bibliographique sur les vers de terre (oligochète), les matières organiques et la région d'étude, la deuxième comprend notre approche méthodologique de recherche et la troisième partie traite les résultats et la discussion. Le tout est couronné par des recommandations et des perspectives.

Partie I

Synthèse bibliographique

CHAPITRE I. Biologie des lombrics

1. Systématique

Les lombrics sont des vers annelés, ou Annélides (BACHELIER, 1978). Dans la plupart des écosystèmes terrestres, ce sont les lombrics qui dominent la macrofaune du sol. En Europe, il existe 400 et en Suisse 40 espèces de vers de terre (PFIFFNER, 2013). Selon VIGOT et CLUZEAU (2014), l'identification des vers de terre montre qu'il y a plus de 3000 espèces dans le monde, dont une centaine en France. Les vers de terre représentent environ 70 % de la biomasse animale terrestre dans les zones tempérées.

BOUCHE (1970 in BACHELIE, 1978) le même auteur les lombrics sont classés comme suit :

Embranchement : Annélides

Classe : Annélides oligochètes

Ordre: Opisthopores

Super famille : Lumbricina

Famille : Lumbricidae

Sous famille : Eiseninae

genre Eisenia

Sous famille : Lumbricinae englobe 7 genres

genre Dendrobaene

genre Octoolasiunt

genre Bimasfus

genre Allolobophora

genre Eophila (Helodrilus)

genre Eiseniella

genre Lumbricus

2. Anatomie externe

Le corps des vers de terre est cylindrique et formé d'une succession de segments semblables compris entre un lobe céphalique (prostomium) et un lobe terminal (pygidium). Leur système nerveux se compose d'une chaîne ventrale double comportant une paire de ganglions par segment. Cette chaîne est reliée à l'avant à des ganglions cérébroïdes dorsaux par un collier périoesophagien (BACHELIER, 1978).

2.1. Taille

La taille des vers de terre est très variable. La longueur des vers peut varier du simple au double et, pour une même espèce, être influencée par de nombreux facteurs physiques, dont l'humidité du sol. Parmi lesquelles *Lumbricus terrestris* dont la taille est variée de 90 à 300 mm; *Eisenia roseaqui* est de 25 à 85 mm de taille et *Dendroba empygmea* qui ne dépasse pas 15 à 30 mm (BACHELIER, 1978).

Selon les Catégories écologiques, les vers de terre sont classés en 3 groupes : les épigés sont des espèces de petite taille de 1-5 cm. Ils évoluent dans les premiers centimètres du sol, brassant et fractionnant la matière organique ; les endogés qui ont des taille variables entre 1 et 20 cm. ils vivent constamment dans le sol, ils créent des réseaux de galeries horizontaux très ramifiés et se nourrissent de matière organique déjà dégradée ; enfin les anéciques sont des espèces de grande taille de 10 à 110 cm. Ils évoluent verticalement, creusant des galeries pouvant descendre jusqu'à 3 m (Fig. 1). Ils mélangent la matière organique à la matière minérale et rejettent leurs déjections à la surface du sol, sous forme de turricules (MARTIN et *al.*, 2011; PERES et *al.*, 2011).

2.2. Coloration

Les vers de terre ont une large gamme de couleur. D'après VIGOT et CLUZEAU (2014) et PERES et *al.* (2011), les épigés sont de couleur foncée ; les endogés sont très peu colorés à apigmentés gris, rose ou vert. Les anéciques dont les couleurs varient du rouge au brun, avec couramment un gradient de couleur de la tête vers la queue. Selon BACHELIER (1978), les vers de surface apparaissent plus pigmentés que ceux qui vivent en profondeur Les vers des régions relativement sèches sont souvent de couleur plus sombre que les vers des régions humides.

2.3. Soie

Selon BACHELIER (1978), les vers de terre possèdent des soies rigides, peu nombreuses et de forme peu variée, implantées directement dans les téguments, soit en 8 (Fig. 2).

2.4. Tête

D'après BACHELIER (1978), le prostomium constitue l'extrémité antérieure des vers de terre et n'a pas la même signification que les autres segments. Ses rapports avec le premier segment sont utilisés en systématique, chaque disposition ayant reçu un nom particulier (Fig. 3)

2.5. Pores dorsaux

Même auteur montre que, les pores dorsaux sont de petites ouvertures situées sur les sillons inter segmentaux ou la ligne dorsale et n'apparaissant uniquement que chez les oligochètes terricoles. Ces ouvertures communiquent avec la cavité centrale et le fluide coelomique.

2.6. Caractères sexuels externes

D'après BACHELIER (1978), L'emplacement des orifices mâles, dont les lèvres, épaisses et blanchâtres au moment de la reproduction, constituent un caractère sexuel secondaire bien visible. Par contre, l'emplacement des orifices femelles ne peut pas facilement être déterminé, car ces orifices sont très petits, même aux périodes de ponte. L'emplacement du clitellum, bourrelet qui apparaît sur le corps des vers de terre à maturité sexuelle et qui sécrète le cocon où sont pondus les œufs. Et l'existence éventuelle de nervures génitales qui relient les orifices mâles au clitellum, notamment chez les Lumbricides. L'existence de crêtes de puberté saillant sur le clitellum et des mamelons blanchâtres sur certains segments antérieurs. Ainsi que l'emplacement des orifices des réceptacles séminaux ou spermathèques, parfois visibles au moment de la reproduction ou *L. terrestris* possède deux paires de pores spermathécaux. Mais d'autres vers en ont davantage, jusqu'à un maximum de 7 paires.

3. Anatomie interne

L'anatomie interne du ver de terre intéresse les différents organes des systèmes reproducteurs, digestifs, sanguins et nerveux.

3.1. Glande de Morren

Selon BACHELIER (1978), ces glandes proviennent d'une différenciation œsophagienne et prennent un développement plus ou moins important chez les divers Oligochètes terricoles. Quand elles sont très développées, comme c'est le cas chez *Lumbricus terrestris*, elles font saillie dans le coelome sous forme de poches blanchâtres. Richement vascularisées, elles sécrètent du carbonate de calcium sous forme de petits durcissements de calcite qui s'évacuent dans le tube digestif. Qu'il est difficilement dissociable au pH des excréments.

3.2. Cellules neuro-sécrétrices

Divers types de cellules neurosécrétrices ont été décrites chez le genre *Lumbricus* (Fig. 4). Certaines d'entre elles ont été associées à des fonctions physiologiques et peut être qu'elles influencent l'activité des organes de reproduction, le déterminisme de l'estivation et certaines autres activités rythmiques (BACHELIER, 1978).

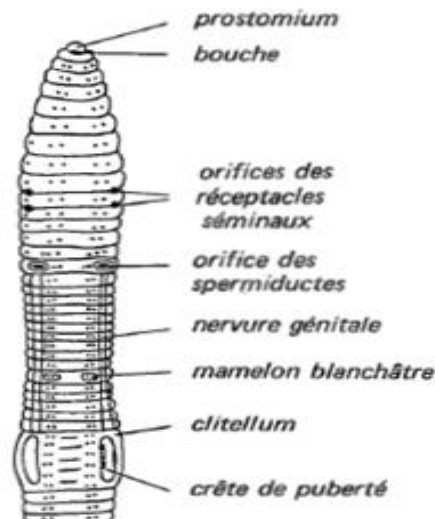
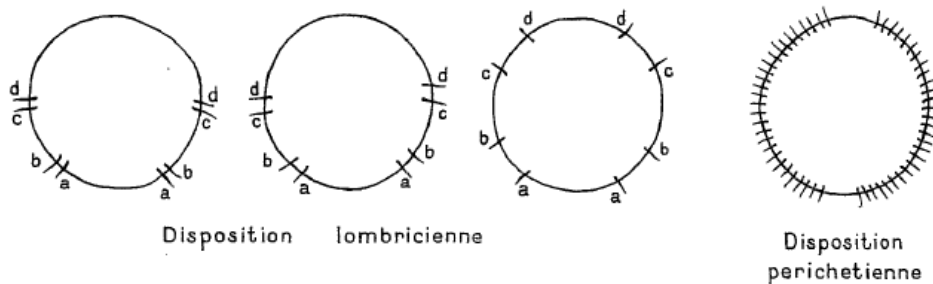
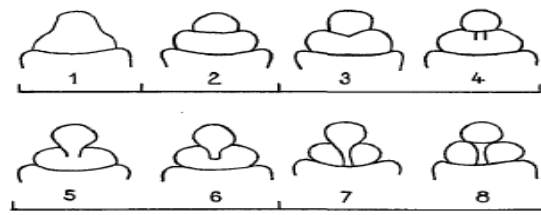


Figure 1. Région antérieure de *Lumbricus terrestris* (STEPHENSON in BACHELIER, 1978)



Rangées groupées deux à deux (disposition lombricienne), soit formant au milieu des segments une ceinture presque complète (disposition périchétienne) des Megascolecidae.

Figure 2. Disposition des soies chez les vers de terre (BACHELIER, 1978)



(1 - type zygolobe; 2 - type prolobe; 3 et 4 - types prolobe-épilobe (fermé en 3, ouvert en 4) ;5 et 6 - types épilobes (ouvert en 5, fermé en 6) ; 7 - type tanylobe; 8 - type prolobe-tanylobe)

Figure 3. Schémas des divers types de tête des vers oligochètes

(TETRY, 1939 in BACHELIER, 1978)

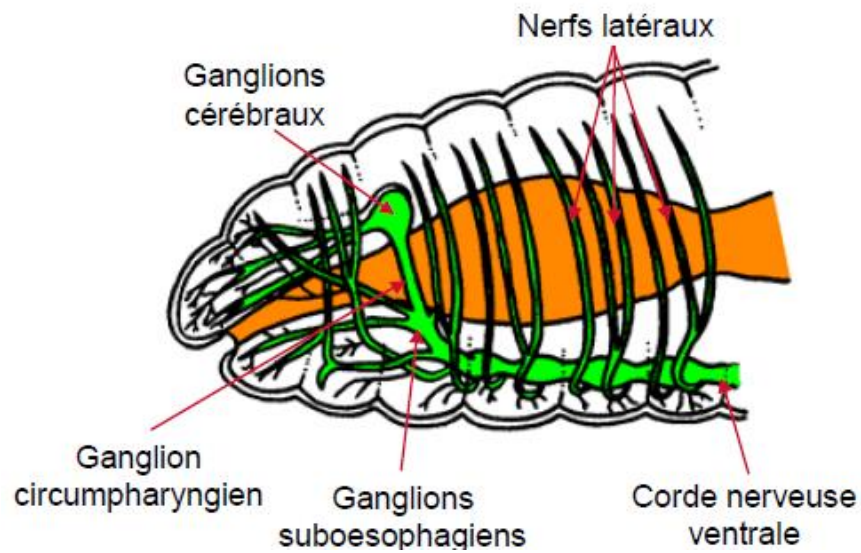


Figure 4. Système nerveux des vers de terre (MORIN et HOUSEMAN, 2002)

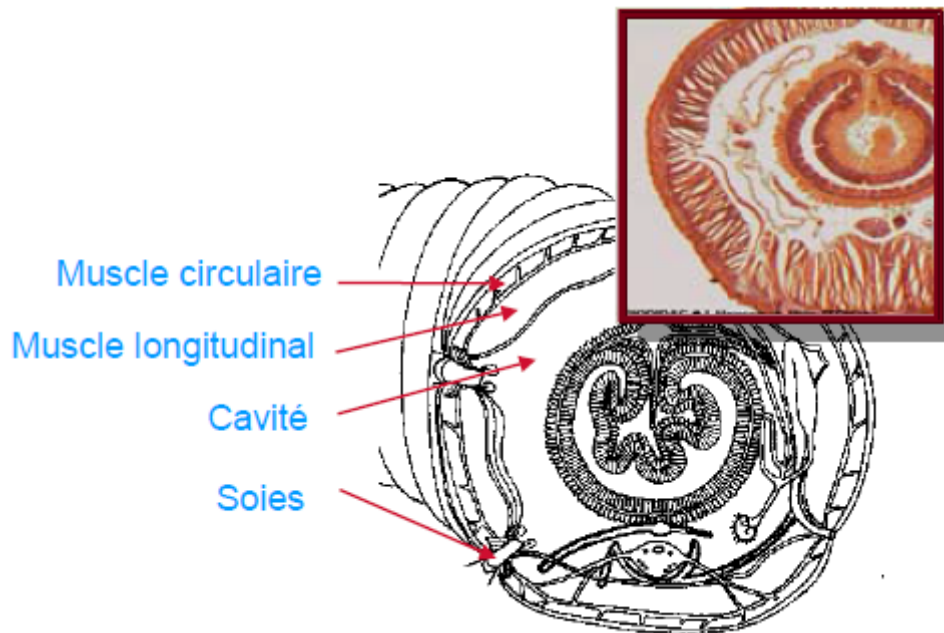


Figure 5. Schéma de la coupe transversale d'un lombric
(MORIN et HOUSEMAN, 2002)

4. Critères de détermination des espèces

Selon BOUCHE (1970 in BACHELIER, 1978), la détermination des vers de terre est basée sur les critères suivants :

La disposition des soies, le nombre de segments avant ou en arrière de clitellum, la forme de prostomium ainsi que la présence ou l'absence des réceptacles séminaux, le nombre des pores, la forme de clitellum, la couleur de la surface dorsale antérieure, le conduits spermatique avec/sans papille distincte, la disposition de crête de puberté et la présence de la bonde transversale (Fig. 5).

5. Biologie

La biologie des lombrics est différent aux autres faunes du sol, on va voir la reproduction et longévité, cycle des activités, nutrition et respiration des vers de terre.

5.1. Reproduction et longévité

Les vers de terre sont hermaphrodites, l'autofécondation a été rarement observée. Les vers de terre se reproduis en mieux au printemps et en automne, si les conditions de température et d'humidité dans le sol sont favorables (HERGER, 2003 ; VIGOT et CLUZEAU 2014).

L'accouplement des vers se fait de nuit à la surface des sols (BACHELIER, 1978 et HERGER, 2003). La maturité sexuelle des individus se caractérise par l'épaississement de la peau

dans la partie antérieure (clitellum) ; la présence d'un mucus collant et spécial ; des poils clip protègent les côtés du ventre rapprochés et des gamètes qui se produisent dans les ouvertures reproductrices mâles (HERGER, 2003). Les organes reproducteurs mâles sont sur les segments 9, 10, 11, 12 et 15 qui portent l'orifice (Fig. 6). Les organes reproducteurs femelle sont sur les segments 13 et 14 qui portent l'orifice. Les segments 32. 37 forment la gangue muqueuse ; les gonopores des 2 lombrics ne sont pas face à quelque chose de marquant. Les spermatozoïdes migrent le long de l'animal pour arriver dans les réceptacles séminaux (spermathèque). Quand ils sont accouplés, les 2 lombrics sont au stade sexuel mâle ; Dans certains cas, il y a accolement du gonopore mâle sur les réceptacles séminaux. Ensuite on passe. La phase de maturation des organes génitaux femelles. Il y a fabrication de la gangue muqueuse au niveau du clitellum puis l'animal recule pour atteindre le segment 9 (spermathèque) où il y aura fécondation externe, les spermatozoïdes d'un lombric sont déposés sur les organes génitaux femelles de l'autre lombric puis il y a formation d'un cocon (Fig. 7) (GAUER, 2007).

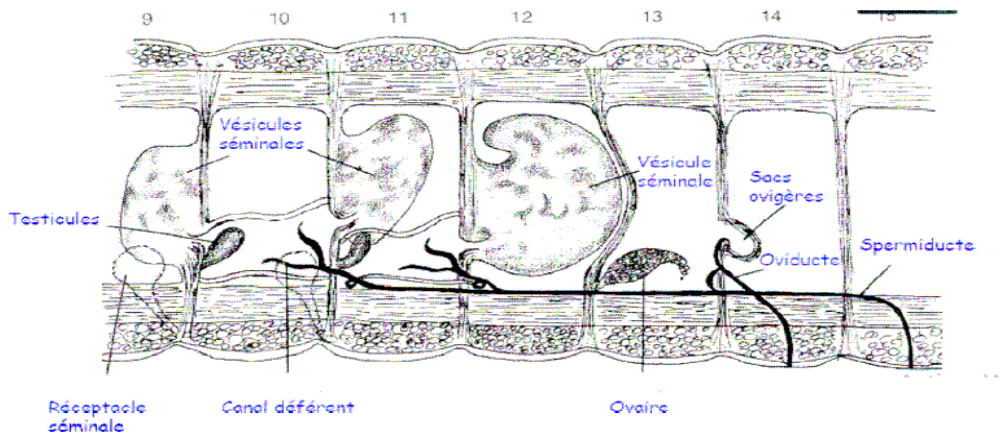


Figure 6. Les organes reproducteurs (GAUER., 2007)



Photo 1. L'accouplement chez les lombrics (TREMBLAY, 2014)

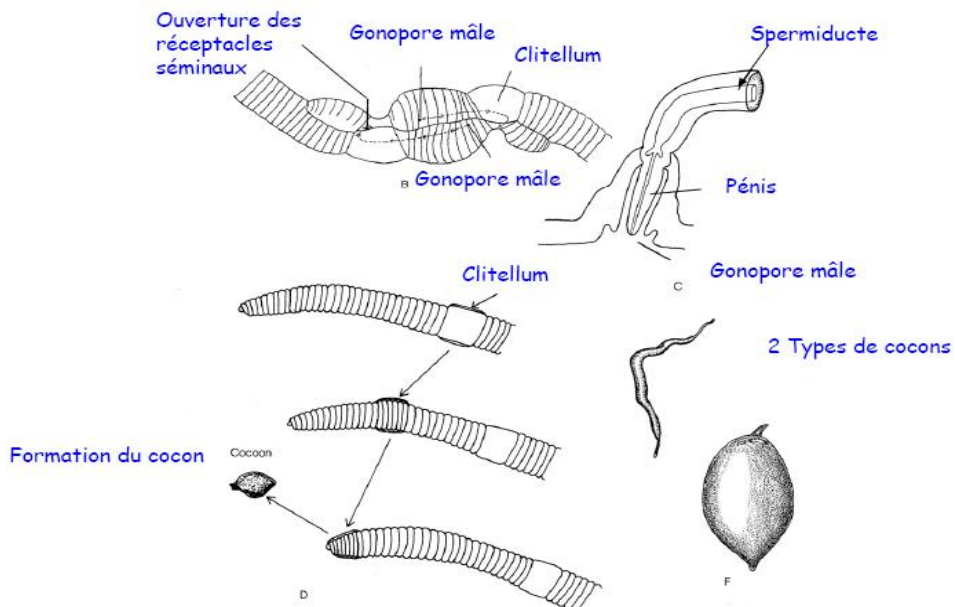


Figure 7. La reproduction chez le lombric (GAUER, 2007)

Selon BACHELIER (1978), la production des cocons varie selon les espèces, la température, l'humidité et la nourriture. Les vers qui vivent en surface produisent beaucoup plus de cocons que les vers qui survivent en profondeur. Chez l'espèce *Eisenia foetida*, plusieurs cocons peuvent être émis successivement par un même ver et chaque cocon renferme plusieurs œufs, exception faite des cocons de quelques gros vers qui ne renferment qu'un seul œuf.

5.2. Cycle des activités

Les vers de terre ne peuvent plus réguler leur température corporelle (HERGER, 2003). Chaque espèce peut vivre et activer à une gamme des températures bien précises (BACHELIER, 1978) Les lombrics travailleront efficacement à des températures allant de 15 °C à 25 °C (MORIN et al., 2004).

L'activité et la reproductivité arrivent au maximum au printemps et en automne (HERGER, 2003), exactement en mars - avril et en septembre - octobre (SCHMUTZ, 2013). Pendant les périodes sèches et chaudes les vers de terre ne peuvent plus résister la survie au surface (HERGER, 2003). Ils se retirent dans les profondeurs du sol et s'enroulent sur eux-mêmes dans une cavité sphérique consolidée donc ils rentrent en estivation (BACHELIER, 1978 ; SCHMUTZ, 2013). Egalement en hiver, le gel sévère rend impossible la prise de nourriture et la vie dans la couche supérieure du sol (HERGER, 2003). Ils se retirent dans la partie non gelée de leurs galeries et s'installent (SCHMUTZ, 2013). Ils réduisent leur surface corporelle, ce qui réduit l'évaporation de leur fluide. Dès que les conditions extérieures sont favorables à nouveau, les vers réveillent à une nouvelle activité (HERGER, 2003).

5.3. Nutrition

Les vers de terre se nourrissent par les plantes mortes (PFIFFNER et al., 2007; SCHMUTZ, 2013). Ils peuvent manger les feuilles et les résidus de culture, Les bactéries, les algues, les protozoaires et même les champignons mycélium (HERGER, 2003 ; PELOSI, 2008), et même les nématodes et les rotifères (KÖNIG, 2007).

Selon BACHELIER (1978), les vers peuvent ingérer même le sol avec les résidus de culture. Cette ingestion de terre par les vers varie d'importance selon les espèces, mais aussi les sols, les saisons et la nature des matériaux végétaux.

D'après DALLERAC (2005) ; DOMINGUEZ et al. (2009) ; MARTIN et al. (2011), le régime alimentaire des vers de terres est variable. Il est en fonction du groupe écologique. Les

vers épigés se nourrissent de la litière bien fragmentée préalablement (résidus de feuilles et autres parties végétales mortes), Les endogés consomment la matière organique dispersée dans la partie minérale du sol. Les anéciques viennent se nourrir par les déchets végétaux en surface.

Une litière d'aulne ajoutée à du fumier détermine une forte augmentation en poids des vers, bientôt suivie de leur mort. Une litière mixte composée de feuilles de chêne, de hêtre et de robinier cause d'abord une perte en poids des vers puis leur mort. Le résultat de cette digestion est un terreau plus foncé que le sol ingéré, de pH plus alcalin et à microflore sélectionnée mais plus active (BACHELIER, 1978). Donc les vers de terre ingèrent les micro-organismes vivants et du micro et des méso-faunes vivantes ou mortes.

5.4. Respiration

Les vers de terre ont une respiration cutanée qui n'est possible que si leur peau est maintenue humide (BACHELIER, 1978 ; HERGER, 2003). Les gaz respiratoires sont échangés à travers les vaisseaux sanguins qui se trouvent sous leurs peaux. Ils respirent d'oxygène dissous dans l'eau (HERGER, 2003), et leur respiration croît avec la température (BACHELIER, 1978).

Dans les cas extrêmes, les vers de terre perdent de l'eau par évaporation, la diurèse et la production de mucus, qui peuvent aller jusqu'à 70% de poids corporel sans avoir été endommagés (HERGER, 2003).

6. Prédateurs et parasites des vers

Selon BACHELIER (1978), les vers de terre sont très appréciés des taupes et des musaraignes qui contribuent grandement à la diminution de leurs populations et même les Chilopodes et les Staphylins participent dans leur régression. Les grenouilles, certaines limaces (*Testacella*) et surtout les oiseaux qui s'attaquent essentiellement aux vers de surface.

7. Impacts des facteurs abiotiques sur les lombrics

Les vers de terre sont influencés par les facteurs hydro-édaphiques du milieu. Qui agissent directement sur leurs développements.

7.1. Facteurs hydriques

D'après HERGER (2003), si le sol engorge d'eau ou se dessèche périodiquement, les vers ne peuvent plus vivre. BACHELIER (1978) montre que, les vers de terre absorbent continuellement par la peau de l'eau qu'ils rejettent ensuite par les néphridies et l'intestin. La quantité d'eau rejetée par les néphridies atteint à elle seule 60 % du poids du corps par jour, les vers de terre s'enfoncent dans le sol quand il se dessèche pour ne pas mourir, se roulent en boule

puis ils se déshydratent partiellement pouvant perdre jusqu'à la moitié de leur eau ; leur léthargie cesse avec le retour de l'eau et leur réimbibition. Dans des régions, la léthargie va jusqu'à la diapause avec création des cellules d'estivation, la para-diapause est une forme de léthargie déterminée par la déshydratation du milieu et ne modifiant que très faiblement la teneur en eau de l'animal. La diapause dépend d'une régulation interne, vraisemblablement d'origine endocrine. Elle se caractérise par l'arrêt de l'activité génitale, avec réduction des organes sexuels glandulaires et vacuité du tube digestif.

7.2. Facteurs édaphique

Les facteurs édaphiques sont présentés par des facteurs physiques, physicochimiques et chimiques.

7.2.1. Température

D'après CHAOUÏ (2010), les vers de terre ont besoin d'une température allant de 0°C à 35°C (la température optimale étant de 25°C). Et selon HERGER (2003), les vers de terre peuvent vivre à des températures compris entre 0°et25°C. Mais la plupart des espèces leur température optimale est de 10 à 15 °C où leur activité est optimale. L'espèce *Eisenia foetidaa* une tolérance à haute température entre 0-30 °C (NATURLAND, 2010).

7.2.2. Texture

HERGER (2003), enregistre que les vers de terre préfèrent les sols argileux qui sont brassés avec la matière organique et les excréments d'autres animaux du sol dans le tube digestif des vers de terre. Selon BACHELIER (1978), les vers sont plus abondants dans les sols limoneux, argilo-limoneux et argilo-sableux que dans les sables, les graviers et les argiles.

7.2.3. pH

Selon BACHELIER (1978) et HERGE (2003), les vers de terre ont une large gamme de pH. Il y a des espèces acidophiles, des espèces basophiles et des espèces ubiquistes ou indifférentes. D'une manière générale, les vers de terre sont peu sensibles au pH, pour autant qu'il ne tombe pas en dessous de pH 4,4.

D'après HERGE (2003), les vers préfèrent les valeurs de pH les plus acides de 3,5 à 7,5. Aux sols tourbeux, les vers sont absents à cause de leurs valeurs de pH qui est plus faible. CLUZEAU et *al.* (2004) montrent que les vers de terre préfèrent les milieux aux valeurs de pH non extrêmes (deux bornes : pH = 4,4 et 11).

7.2.4. Salinité

La sensibilité des vers de terre est variée selon l'espèce et le type de sel. Selon BACHELIER (1978), il y a des espèces euryhalines mais les vers fouisseurs se rencontrent rarement où la salinité de la solution du sol excède 0,4 %. Et d'après CHAOUI (2010), L'ammonium est le principal facteur de salinité. Les vers de terre sont repoussés par une salinité supérieure à 5 mg/g. Par conséquent, si la matière première est pauvre en sel, le fumier des vers (lombricompost) le sera aussi.

7.2.5. Calcium

D'après les études biologiques, l'exigence des vers de terre en calcium sont en fonction d'espèce. De nombreux vers de terre ont aussi besoin de calcium pour leurs glandes de Morren, qui sécrètent du carbonate de calcium sous forme de petites concrétions de calcite expulsées dans le tube digestif (BACHELIER, 1978).

8. Impact des lombrics sur sol

Quelle que soit la taille, la catégorie écologique des vers de terre est interactive avec son milieu, modifiant ces propriétés physiques, chimiques ainsi que biologique.

8.1. Physique du sol

Dans ce présent paragraphe, la stabilité structurale des sols, la différenciation des profils, la texture du sol, la porosité et la capacité de rétention d'eau sont développés.

8.1.1. Stabilité structurale des sols

Les vers sont l'un des ingénieurs physiques de l'écosystème qui renouvellent la structure du sol (SAUREL et *al.*, 2010). Ils contribuent à l'édification de la structure grumeleuse des sols à mull, et changent aussi parfois la structure naturelle de certains sols (BACHELIER, 1978). Ils construisent des systèmes galeries horizontales très ramifiées, qui la remplissent de leurs propres excréments comme ils se déplacent à travers le sol de l'horizon organo-minéral (DOMÍNGUEZ et *al.*, 2009). L'effet synergique des lombrics avec la présence de matière organique, qui donne des améliorations des propriétés physiques (stabilité structurale et perméabilité) nettement plus intéressantes (ACHOUR, 2014).

D'après BACHELIER (1978) et SCHMUTZ (2013), les vers de terre augmentent la stabilité structurale des sols riches en matières organiques, d'une part en favorisant la synthèse de

mucus bactériens, de gommés polysaccharides et de composés préhumiques, et d'autre part en mélangeant intimement ces composés à la fraction minérale des sols et en y ajoutant parfois des sécrétions calcaires qui contribuent à la floculation des composés argilo-humiques. Ils participent à l'élaboration de la structure organo-minérale (CLUZEAU et *al.*, 2004).

La stabilité des rejets dépend essentiellement de la richesse en matières organiques des sols (SWABY, 1950 in BACHELIER, 1978), et aussi selon l'espèce. Selon SCHMUTZ (2013), généralement, les rejets des vers de terre ameublissent les sols lourds et améliorent la cohésion des sols sableux.

8.1.2. Différenciation des profils

Les vers de terre colonisent tous les étages du sol. Un des rôles les plus visibles du ver de terre est l'amélioration de la structure et le brassage du sol. Ce phénomène est appelé la bioturbation (MENARD., 2005).

Tous les éléments grossiers et pas seulement la matière organique se trouvent enfouis par l'activité des vers de terre. Mais cette modification de localisation a deux origines : la matière organique est enfouie par les lombriciens alors que l'enfouissement des cailloux est lié à la remontée de terre par les vers. Celle-ci participe progressivement à l'approfondissement de la couche arable lorsque le substrat le permet (CLUZEAU et *al.*, 2004). Donc ils sont de véritables mélangeurs de strates.

8.1.3. Texture

Les rejets des vers de terre sont habituellement d'une texture plus fine que celle des sols, et donc plus limoneux et plus argileux, ils varient fortement selon les espèces et leur taille (BACHELIER, 1978).

Plusieurs auteurs étudiant l'action des vers de terre sur la texture de rejets où ils constataient que la texture des rejets était fine que le sol environnant. NYE (1955 in BACHELIER, 1978), étudiant les rejets de surface d'*Hippopera nigeriae* dans des sols du Ghana, a observé que, dans les rejets de ce ver n'existait pas de grain plus gros que 0,5 mm et ne s'y trouvait qu'une faible proportion de grains entre 0,2 et 0,5 mm, alors que le sol environnant était constitué essentiellement de sable grossier.

8.1.4. Porosité et capacité de rétention d'eau

La porosité biologique résulte essentiellement de l'activité des vers de terre dans le sol (COUFOURIER et *al.*, 2008). D'après BACHELIER (1978), les vers de terre, par leurs galeries

et leurs rejets, augmentent à la longue le volume du sol et accroissent grandement sa macroporosité. De cette action des vers de terre sur la porosité des sols, résultent pour ceux-ci une meilleure aération, car la diffusion gazeuse s'y effectue plus aisément grâce aux galeries. La porosité des sols qui de 30 à 40 % peut passer à 60-70 %. Si dans ces sols le volume d'eau retenue est d'environ 40 %, 20 à 30 % restent alors disponibles pour l'air. De par leur action sur la structure des sols et du fait qu'ils déterminent dans ceux-ci un complexe colloïdal plus humique, les vers de terre en augmentent la capacité de rétention d'eau.

SCHMUTZ (2013), montre que les vers de terre, grâce à leurs activités biologiques, creusent des galeries qui assurent une bonne aération du sol et augmentent la proportion de pores grossiers. Pour les anéciques, ces galeries sont stables et verticales, ils améliorent particulièrement et nettement l'absorption, le stockage, l'infiltration et le drainage de l'eau dans le sol, ce qui contribue fortement à empêcher le ruissellement et l'érosion.

Selon GUILD (1955 in BACHELIER, 1978), pour une même terre travaillée par différents vers, a ainsi trouvé des modifications plus ou moins importantes de la capacité de rétention d'eau : *Allolobophora longa* (espèce faisant des rejets de surface à gros agrégats) a déterminé une capacité de rétention d'eau de 34 %, *Lumbricus terrestris* (fouisseur profond formant des agrégats plus petits mais plus nombreux) a déterminé une capacité de rétention d'eau de 30 %. *Allolobophora caliginosa* (fouisseur superficiel) a déterminé une capacité de rétention d'eau de 29 %. KOLLMANNSPERGER (1952 in BACHELIER, 1978) avait constaté une augmentation de 42 % de la capacité de rétention d'eau dans des sols calcaires et de 113 % dans des sols sableux.

8.2. Chimie du sol

De différents paramètres de la chimie du sol sont traités, il s'agit du pH des sols, du processus d'humification, ainsi que des éléments nutritifs.

8.2.1. pH des sols

Les excréta des vers sont généralement plus proches de la neutralité que les sols correspondants (BACHELIER, 1978). Le résultat d'une étude menée par LUNT et al. (1972 in MENARD, 2005) montre que le pH de turricules est neutre.

Dans l'ammonification des matières azotées normalement bien représentées au sein de leurs excréta, les rejets de vers qui, dans les sols tropicaux, correspondent en début de saison sèche uniquement à l'enfouissement de ces animaux, sont d'ailleurs pauvres en matières organiques et de

pH voisin de celui du sol. Les changements apportés par les vers dans la saturation du complexe colloïdal des sols peuvent en modifier le pH (BACHELIER, 1978).

8.2.2. Processus d'humification

Les activités alimentaires et de rejet des vers de terre affectent différemment la matière organique du sol en fonction de l'échelle de temps considérée puisqu'à court terme, l'activité des vers de terre favorise la minéralisation de la matière organique alors qu'à long terme, ils participent à la formation de l'humus et à la stabilité structurale (PELOSI, 2008). La formation des acides humiques semble plus rapide et le rendement d'humification supérieur pour un même substrat (GAZEAU, 2012).

8.2.3. Eléments nutritifs

Par rapport aux sols voisins, les rejets de vers sont en général chimiquement plus riches. Les sels solubles, le calcium, le potassium, le magnésium et le phosphore, tant sous leur forme totale qu'échangeable ou assimilable, y sont plus abondants (BACHELIER, 1978).

Selon CLUZEAU et *al.* (2004), les vers de terre, par leurs déjections, permettent de concentrer les éléments minéraux, mais surtout ils les rendent plus assimilables pour les plantes. D'après les études menées par LUNT et *al.*, (1972 in MENARD, 2005) sur les turricules montrent que la teneur en éléments nutritifs est plus importante dans les turricules par rapport aux sols environnementaux ou voisins.

La teneur en phosphore est plus de 7 fois que le sol et plus de 4 fois en azote. Par rapport à la terre environnante, les excréments de vers de terre sont en moyenne cinq fois plus d'azote disponible pour les plantes, sept fois plus de phosphore et onze fois plus de potassium (HERGER, 2003). Par passage à travers le tube digestif des vers, des éléments minéraux fragiles peuvent subir une altération plus ou moins poussée et certains cations peuvent être ainsi libérés. En revanche la disparition des vers de terre peut inversement entraîner l'apparition de carences minérales (BACHELIER, 1978).

L'azote contenu dans les lombricomposts est majoritairement sous forme organique, les formes minérales sont moins présentes (GAZEAU, 2012). Les rejets de vers renferment davantage d'azote nitrique que les sols et possèdent un pouvoir nitrifiant plus élevé qu'eux (JOSHI et KELKAR, 1952 in BACHELIER, 1978). D'après les études menées par MENARD (2005), la teneur en azote nitrique dans les turricules des vers de terre est plus de 4 fois que les sols voisins (0-20 cm de profondeur).

Selon HERGER (2003), les vers de terre contribuent de multiples façons à la fourniture d'azote naturel aux plantes. Leurs turricules sont riches en azote et dans leurs galeries environ 40 % des micro-organismes fixateurs d'azote. Même les vers morts fournissent une contribution à la fertilité naturelle des sols : un ver de terre mort contient jusqu'à 10 mg d'azote. En absence des vers de terre, les apports organiques seraient minéralisés par les autres animaux présents (peut-être alors plus nombreux), de même que par la microflore, mais cette minéralisation serait certainement plus lente et s'effectuerait différemment (BACHELIER, 1978).

8.3. Biologie des sols

Dans cette partie, la flore des rejets et le contenu enzymatique sont abordés.

8.3.1. Flores des rejets

Par suite de l'importance des rejets dans les sols à vers, la microflore s'y trouve modifiée, tant quantitativement que qualitativement (BACHELIER, 1978).

Selon PARLE (1963 in BACHELIER, 1978), effectivement, les Bactéries et les Actinomycètes augmentent et les champignons diminuent durant le passage dans le tube digestif des vers, mais, dans les rejets, la multiplication des Bactéries et des Actinomycètes se trouve stoppée, alors que celle des hyphes mycéliens s'avère importante. CLUZEAU et *al.* (2004), signale que à l'intérieur du tube digestif, ces micro-organismes trouvent un environnement protégé et favorable à leur développement ; en effet, des glandes sécrètent un mucus riche en polysaccharides (sucres) et en azote (NH₄) ainsi qu'en calcium, ce qui permet aux micro-organismes de proliférer.

De nombreuses bactéries sont détruites par les vers (DAY, 1950 in BACHELIER, 1978), mais d'autres sont au contraire favorisées, telles les bactéries synthétisant la vitamine B12, car cette vitamine est plus abondante dans les rejets que dans les sols. Selon EASTMAN et *al.* (2001), l'espèce *E. fetida* est utilisée efficacement pour traiter les agents pathogènes qui se trouvent dans les bio-solides. Ce chercheur a trouvé que Le nombre moyen de *Salmonella spp* et les virus dans le test était significativement plus faible que celui du groupe témoin.

8.3.2. Contenu enzymatique

Les vers de terre accroissent le contenu enzymatique des sols. L'accroissement du potentiel enzymatique des sols par les vers de terre, qu'il est en rapport avec la stimulation de l'activité de la microflore et avec la présence d'une faune généralement plus importante et plus diversifiée dans les sols où ils demeurent (BACHELIER, 1978). Ils constituent un énorme réservoir de protéines et toutes les substances nutritives pour les plantes (HERGER, 2003). Les vers de terre peuvent également, en levant les dormances de certaines graines, permettre leur germination et contribuer à la dissémination des espèces végétales concernées (PELOSI, 2008). Donc ils rejettent des substances de croissance au sol.

CHAPITRE II. Les matières organiques

Dans ce chapitre on va voir l'origine et les formes de la matière organique ainsi que des différents amendements organiques, leur évolution, les facteurs influençant leur dégradation et enfin l'effet de celle-ci sur les propriétés du sol.

1. Matières organiques

Les matières organiques sont le substrat énergétique des organismes hétérotrophes du sol (BALESDENT, 1996). Ce sont des matières résiduelles carbonées produites par des êtres vivants, des végétaux, des animaux ou des micro-organismes (M.D.D.E.P, 2012). Elles constituent l'une des composantes essentielles de la fertilité des sols (CHRISTEN, 2008). Ainsi, elles incluent tous les organismes vivants du sol, ainsi que les restes d'organismes morts, dans leurs divers degrés de décomposition (SOCO, 2009 ; GIVA, 2011). La matière organique est un élément et produit majeur des processus biogéochimiques (LABANOWSKI, 2004). Elle est un indicateur général de la qualité du sol (D.A.T, 2001).

2. Origine et formes des matières organiques

Les matières organiques dans la nature ont plusieurs formes et elles appartiennent à des origines différentes.

2.1. Origine des matières organiques

Dans la nature, il y a plusieurs sources de la matière organique, les débris végétaux de toute nature, comme les feuilles, les brindilles et les résidus des récoltes (MATHIEU *et al.*, 2007). Ainsi que les déchets des animaux sous plusieurs formes, comme les fumiers, les lisiers et les composts (PETIT et JOBIN, 2005).

2.2. Forme des matières organiques du sol

D'après CALVET (2003), il existe plusieurs catégories de constituants organiques. Une première distinction importante repose sur les caractères vivants ou non de ces constituants, on distingue :

1. Les constituants vivants ; ce sont les tissus végétaux, les animaux du sol, les biomasses microbiennes.
2. Les constituants non vivants ; ils se répartissent en deux catégories d'importance très inégale, selon leur stabilité dans les sols :
 - a) L'une dont la masse est la plus grande, comprend des constituants susceptibles de subir des transformations et d'être dégradés plus ou moins rapidement ; ce sont :

- Des matières organiques particulaires (se présentent évidemment sous forme de particules plus ou moins grandes et sont des fragments de tissus dans lesquels des structures cellulaires sont reconnaissables).
 - Des matières organiques moléculaires (sont constituées par des molécules de tailles très diverses plus ou moins associées entre elles et produites par les transformations chimiques des constituants tissulaires). Dans cette catégorie, se regroupent en substances humiques et non humiques.
- b) L'autre, dont la masse est très souvent négligeable dans les sols, on trouve des constituants inertes (charbon de bois, graphite) qui ne se transforment pas et donc, n'évoluent pas.

Selon la chambre régionale d'agriculture Languedoc-Roussillon (GIVA, 2011), les matières organiques se répartissent en trois groupes :

3. Les matières organiques vivantes, animales, végétales, fongiques et microbiennes, englobent la totalité de la biomasse en activité, comme racines, vers de terre, microflore du sol.
- a) Les matières organiques fraîches représentent les débris d'origine végétale, animale, fongique et microbienne. Associées aux composés organiques intermédiaires issus de l'activité de la biomasse microbienne, appelés produits transitoires, elles composent les matières organique facilement décomposables.
- b) Des composés organiques stabilisés (matière organique stable), ils comprennent les substances humiques (acides fulviques, acides humiques et humines), d'une part, et les composés inertes, d'autre part (charbon).

3. Amendements organiques

Les amendements organiques sont présents sous plusieurs formes différentes. Chaque type a une composition analytique différente par rapport aux autres. Parmi les, le fumier, le compost et les engrais verts.

3.1. Fumiers

Le fumier est le mélange des déjections animales et de litière. Il est riche en éléments nutritifs et représente la base de la fertilisation en agrobiologie (PETIT et JOBIEN, 2005). Il joue un rôle important, participant à la constitution de l'humus des sols (LEPRETTRE et *al.*, 2002) et favorise la durabilité de la fertilité du sol, soit par l'apport des éléments nutritifs, soit par l'amélioration des propriétés physico-chimiques du sol (DUPLESSIS, 2002 ; HIRAOKA et *al.*, 2005). Sa teneur en éléments nutritifs varie en fonction de nombreux facteurs qui sont type de l'animal, son âge, son régime alimentaire ; le type

d'élevage, bâtiment, quantité et qualité de la litière (paille de canne, copeaux de bois...), et la durée de leur stockage (CHABALIER *et al.*, 2006 ; PETIT et JOBIN, 2009).

Tableaux I. Composition analytique de quelques types de fumier (PETIT et JOBIN, 2009)

Type de fumier	C/N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Fumier vache	14 à 18	6	3	6
Fumier volailles	10 à 13	24	21	20
fumier mouton	20	6,7	4	11
fumier chèvre	-	6	5	6

N, P₂O₅ et K₂O sont en kg par tonne humide

L'analyse chimique des différents types de fumier (Tabl. I) montre que les compositions analytiques sont distinctes en fonction de l'espèce. Le fumier de volaille est le plus riche en éléments fertilisants comparativement au fumier de vache, de mouton et de chèvre.

3.2. Compost

Le compost est une source importante de matière organique produite par la dégradation ou la décomposition de la matière organique fraîche par les micro-organismes (PETIT et JOBIN, 2005), les insectes et les vers de terre, ceci dans des conditions bien définies (DUPLESSIS, 2002).

Ainsi, les matières premières organiques, telles que les résidus des cultures, les déchets animaux, les restes alimentaires et les déchets industriels appropriés, peuvent être appliquées aux sols en tant que fertilisants, une fois le processus de compostage est terminé (PETIT et JOBIN, 2005).

Tableaux II. Composition analytique de quelques types de compost, en g/kg de produit brut (PETIT et JOBIN, 2009 ; HUBER et SCHAUB, 2011)

Type de compost	MO	C/N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Fumier vache	210	12 à 16	8	5	14
Fumier volailles	577	-	24,9	28	25
fumier mouton	260	-	11,5	7	23
Déchets verts	270	15-20	8	4	8
Bois de taille	-	80 à 200	3	1	4

L'analyse chimique de quelques types de composts de fumier et de déchets végétaux (Tabl. II) montre que leurs compositions analytiques sont distinctes en fonction de leurs origines. Toutefois, le compostage de fumier de volaille donne le meilleur compost qui est plus riche en éléments fertilisants comparativement aux autres types de fumier et de déchets, quel que soit son origine.

3.3. Engrais verts

C'est une culture de végétation rapide, enfouie sur place et destinée avant tout à améliorer le sol. Ce type d'engrais a un effet important sur la protection du sol, on le considère comme une source de matière organique jeune ; source d'éléments nutritifs pour les plantes, essentiellement en azote (SOLTNER, 2005).

4. Evolution des matières organiques

La décomposition des organismes vivants dans les sols conduit à l'apparition d'une matière organique fraîche qui est le point de départ de deux grands processus de transformation qui sont la minéralisation et l'humification (CHABALIER *et al.*, 2006).

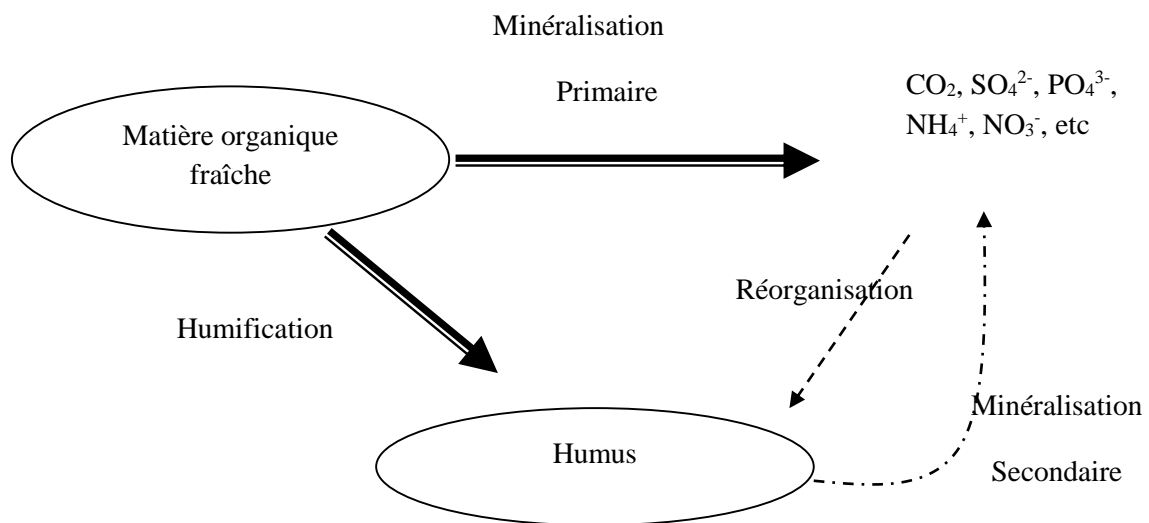


Figure 8. Evolution des matières organiques dans sol (BONIN, 2006)

La minéralisation primaire favorise la transformation des matières organiques fraîches du sol en éléments simples. Et par voie d'humification, ces dernières donnent l'humus où ce dernier est minéralisé en éléments simples. Qui peuvent réorganiser avec l'humus sous l'effet des micro-organismes.

4.1. Minéralisation primaire

La minéralisation primaire c'est la décomposition des matières organiques fraîches accompagnées de la libération des minéraux (K^+ , Ca^{++} , NO_3^- ...etc.) (BORDELEAN, 1992). C'est un processus assez rapide. Il aboutit à la libération de substances nutritives par désagrégation et dépolymérisations successives des matières organiques. Cette phase se déroule essentiellement sous l'action de la faune du sol et des microbes (champignons et bactéries) (GIVA, 2011).

4.2. Humification

L'humification est la transformation des matières organiques en produits stables appelés humus (BORDELEAN, 1992). Consiste à des recombinaisons et polymérisations de molécules organiques plus ou moins complexes, une des caractéristiques importantes de ce processus est l'incorporation d'azote (N) dans les macromolécules humiques, conduisant à un stockage de l'azote sous forme organique dans le sol (GIVA, 2011).

Selon (CHABALIER et *al.*, 2006), la formation de l'humus ou humification consiste en des recombinaisons de molécules organiques de natures diverses :

- molécules complexes déjà présentes dans le sol ;
- molécules simples venant directement de substrats organiques récemment dégradés par la flore et la faune du sol ;
- très peu de molécules directement issues des débris végétaux ou animaux.

Les résidus les plus rapides à se décomposer sont ceux qui ont un rapport C/N faible, comme ceux des légumineuses (HUBER et SCHAUB, 2011).

4.3. Minéralisation secondaire

La minéralisation concerne l'humus stable (SOLTNER, 2005 ; GIVA, 2011). Son coefficient en moyenne est de 1,5 à 2 %. Toutefois, dans les sols sableux, le coefficient de minéralisation peut atteindre des pourcentages élevés, de l'ordre de 2 à 3%. Alors que dans les sols argileux, riches en limon et en calcaire, la minéralisation peut atteindre au contraire des coefficients plus faibles, de l'ordre de 0,5 à 1,5% (SOLTNER, 2005).

5. Facteurs de dégradation de la matière organique

Les processus de dégradation des matières organiques dépendent de leurs natures biochimiques, des conditions édapho-climatiques et des aménagements (CHABALIER et *al.*, 2006 ; GIVA, 2011). On peut les regrouper en deux facteurs, qui sont abiotique et biotique.

5.1. facteur abiotique

Les facteurs abiotiques représentent les conditions du milieu, notamment la température, équilibre air/eau, pH du sol, salinité.

5.1.1. Température

La matière organique se décompose plus rapidement à des températures plus élevées, si bien que les sols des climats plus chauds tendent à contenir moins de matière organique que ceux des climats plus frais (SOCO, 2009 ; GIVA, 2011). Les microorganismes ont une activité optimale entre 25 et 35 °C au-dessus l'activité microbienne, et est également diminuée. La minéralisation est encore possible à des températures plus élevées par des enzymes produites par ces microorganismes. En dessous de 10 °C, la minéralisation est très réduite (CHABALIER et *al.*, 2006). Ainsi que la faune du sol qui fait partie de la décomposition de la matière organique a une gamme de température variée. NATURLAND (2010) a noté que quelques espèces de vers de terre, telles que, *Eisenia foetida* a une tolérance entre 0-30°C. Donc, l'augmentation ou diminution de la température peut influencer négativement sur l'abondance de ces organismes, et donc sur l'évolution de la matière organique.

5.1.2. Equilibre air/eau

Le labour augmente la macroporosité dans le sol et sa température moyenne, contribuant ainsi à augmenter la vitesse de décomposition de la matière organique (SOCO, 2009 ; GIVA, 2011). Plus un sol est humide, il y a moins d'oxygène disponible pour que la matière organique se décompose, si bien qu'elle s'accumule (SOCO, 2009).

5.1.3. pH du sol

Le pH du sol est considéré parmi les facteurs qui agissent sur la voie de dégradation des matières organiques. Les bactéries qui minéralisent la matière organique ne sont pas actives lorsque le pH descend au-dessous de 5,5 et optimale à la neutralité (CHABALIER et *al.*, 2006).

L'engorgement des sols et l'acidité permanente augmentent le temps de résidence du carbone organique dans les sols, il y a formation de tourbe en conditions froides à long terme (GIVA, 2011).

5.1.4. Salinité

L'étude de l'évolution de la matière organique dans les sols salés montre certainement une inhibition des activités microbiennes du processus de la minéralisation, ainsi qu'une pénurie en produits humiques polymérisés. Le rapport AF /AH augmente proportionnellement par rapport au degré de la salinité (GALLALI, 1980 in OUSTANI, 2006).

La proportion du Ca et Mg échangeables et la teneur en calcaire actif assurent une protection physique des matières organiques du sol. Ainsi que l'Aluminium libre protègent physiquement et physico- chimiquement les matières organiques du sol (GIVA, 2011).

5.2. Facture biotique

La nature de la matière organique et les organismes vivants sont des facteurs qui agissent sur la décomposition de la matière organique.

5.2.1. Nature de la matière organique

CHABALIER *et al.* (2006), montrent que le carbone de la matière organique du sol est la source énergétique des microorganismes. Les carences en azote et phosphore disponibles limitent l'activité des micro-organismes (GIVA, 2011). Le rapport C/N est toujours plus faible (donc présence davantage d'azote) en milieu acide (NDIRA, 2006).

On utilise souvent le rapport C/N pour comparer la teneur en azote du sol. Ainsi, plus la valeur du ratio C/N de la matière organique est élevée, plus l'activité microbienne est limitée par la quantité d'azote disponible dans le sol, ce qui indique une faible décomposition de la matière organique (OUSTANI, 2006).

5.2.2. Les organismes vivants

L'évolution de la matière organique est influencée par les différentes catégories de la faune et de la microflore du sol ainsi que ses abondances (GIVA, 2011). Les macrofaunes comme les vers de terre assurent la fragmentation de la matière organique et leur brassage avec la matière minérale. Les méso-faunes sont des broyeurs de feuilles microflore, telles que les bactéries et les champignons qui sont indispensables aux cycles du carbone et de l'azote, selon (CHABALIER *et al.*, 2006). Les bactéries jouent un rôle essentiel dans la solubilisation et dans la précipitation des minéraux, mais aussi dans toutes les transformations de la matière organique, dont la minéralisation. Elles synthétisent des polysaccharides très résistants à la dégradation qui forment une part importante de la matière organique humifiée. D'autre part, certains champignons basidiomycètes, comme les bolets et certaines pourritures molles fabriquent des composés humiques incorporés rapidement à la matière organique du sol.

6. Effets de la matière organique

Quel que soit l'origine de la matière organique, elle agit sur le sol et ses organismes vivants ainsi que les végétaux.

6.1. Effets sur les sols

Les matières organiques ont de multiples propriétés qui jouent un rôle important dans l'amélioration des propriétés physiques, physicochimiques et biologiques du sol.

6.1.1. Effets sur les propriétés physiques

La litière favorise la filtration des particules solides ; la limitation de l'évaporation de l'eau (CALVET, 2003). ainsi que, l'association entre la matière organique et les éléments fins du sol aboutit à la formation d'agrégats (CHABALIER *et al.*, 2006). Elle granule la structure des sols lourds comme celle des sols légers, donc elle contribue à la formation d'agrégats et augmente ainsi la porosité des sols, la pénétration des racines, l'infiltration de l'eau, limite le risque d'érosion et la résistance au compactage (CHRISTEN, 2008).

Dans les agro-systèmes semi-arides, les amendements organiques permettent d'augmenter la réserve en eau (BALESDENT, 1996 ; GIVA, 2011). Elle a un rôle thermique réchauffant le sol grâce à l'absorption de la lumière (CALVET, 2003 ; GIVA, 2011).

6.1.2. Effets sur les propriétés physicochimiques et chimiques

La matière organique est une source d'éléments chimiques qui proviennent de sa dégradation (CALVET, 2003) ; Elle assure le stockage et la mise à disposition pour la plante, par minéralisation, des éléments nutritifs dont elle a besoin (GIVA, 2011).

C.A.R.A.T et F.A.O (1992) montrent que, la matière organique tel que le fumier de poule ponduse maintient dans le sol un pH légèrement acide favorable à l'assimilation des éléments minéraux, la libération, par oxydation de l'humus, de gaz carbonique qui accroît la solubilité de certains éléments nutritifs dans le sol et facilite leur utilisation par la plante; elle favorise par exemple la formation de complexe phospho-humique (le phosphore peut ainsi être maintenu sous forme assimilable malgré la présence de calcaire libre ou de fer libre). Les boues de station d'épuration sont riches en chaux, avec un pH très élevé. Elles sont intéressantes comme amendement calcaire pour remonter le pH des sols acides (CHABALIER *et al.*, 2006).

Le même auteur montre que, l'effet des apports organiques sur le pH du sol dépend de l'équilibre entre deux processus :

- l'acidification, due à l'oxydation de N, P et S organiques en anions simples (NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) et à l'oxydation de carbone organique en carbonates (CO_3^{2-}) ;
- l'alcalinisation, due à la neutralisation des ions H^+ liée aux effets des cations métalliques apportés (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , etc.) et au remplacement des ions H^+ sur le complexe argilo-humique par ces cations.

La matière organique contribue également à la diminution de la rétrogradation du potassium. Elle favorise la complexation des éléments traces métalliques et la rétention des micropolluants (CHRISTEN,

2008). Mais elles peuvent être aussi source de polluants potentiels, comme les nitrates et les phosphates (GIVA, 2011).

6.2. Effets sur les organismes du sol

Les matières organiques stimulent l'activité biologique, étant à la fois source d'énergie et d'éléments nutritifs pour les organismes du sol (GIVA, 2011), et améliorent la porosité biologique des sols (CHRISTEN, 2008).

Les organismes vivants du sol sont des décomposeurs de la matière organique. Ils ont besoin de conditions propices et de nutriments pour se développer. La matière organique apporte aux micro-organismes une nourriture facilement disponible qui encourage le développement d'une activité biologique intense dans les sols, les nutriments les plus importants utilisés par les microorganismes du sol sont le carbone (C) et l'azote (N) que l'on retrouve dans la matière organique (PETIT et JOBIN, 2005). D'autre part la matière organique est un support de la faune du sol (SOLTNER, 2005). Les vers de terre sont présents dans les prairies que dans des parcelles de grande culture, ainsi que dans les parcelles recevant des amendements organiques fibreux provenant de la station d'élevage (HUBER et SCHAUB, 2011).

6.3. Effets sur les végétaux

La matière organique constitue une source importante d'éléments minéraux non seulement en éléments majeurs, mais aussi en oligo-éléments (SOLTNER, 2005). Ces éléments sont utilisés par les plantes pour satisfaire leurs besoins au cours de leurs cycles de développement (MOUGHLI, 2000).

La matière organique participe à la chélation des éléments nutritifs, mécanisme qui les protège contre le blocage par le calcaire et facilite leur assimilation. Ainsi, elle favorise une bonne croissance des plantes et une forte résistance aux maladies, l'humus fournit aux plantes des activateurs de croissance agissant positivement sur la croissance des plantes (SOLTNER, 2005).

Chapitre III. Présentation de la région de Ouargla

1 .Situation géographique

La wilaya de Ouargla est située au Nord Est du Sahara Septentrionale. Elle couvre une superficie de 163.230 km² (KHADRAOUI, 2006). Elle est distante de 850 Km de la capitale Alger. La cuvette de Ouargla s'étend sur une superficie de 99000 Hectares ; avec une longueur de 45 Km dans la direction sud-ouest, Nord-est et une largeur de 2 à 5 Km 32° de l'attitude Nord et 5° 20' de longitude Ouest (DJIDEL. M, 2008). La région de Ouargla est limitée géo morphologiquement au sud par le grand reg oriental, à l'ouest par la vallée du M'Zab et au Nord par la vallée de l'Oued Righ (Encyclopédie, 2015).

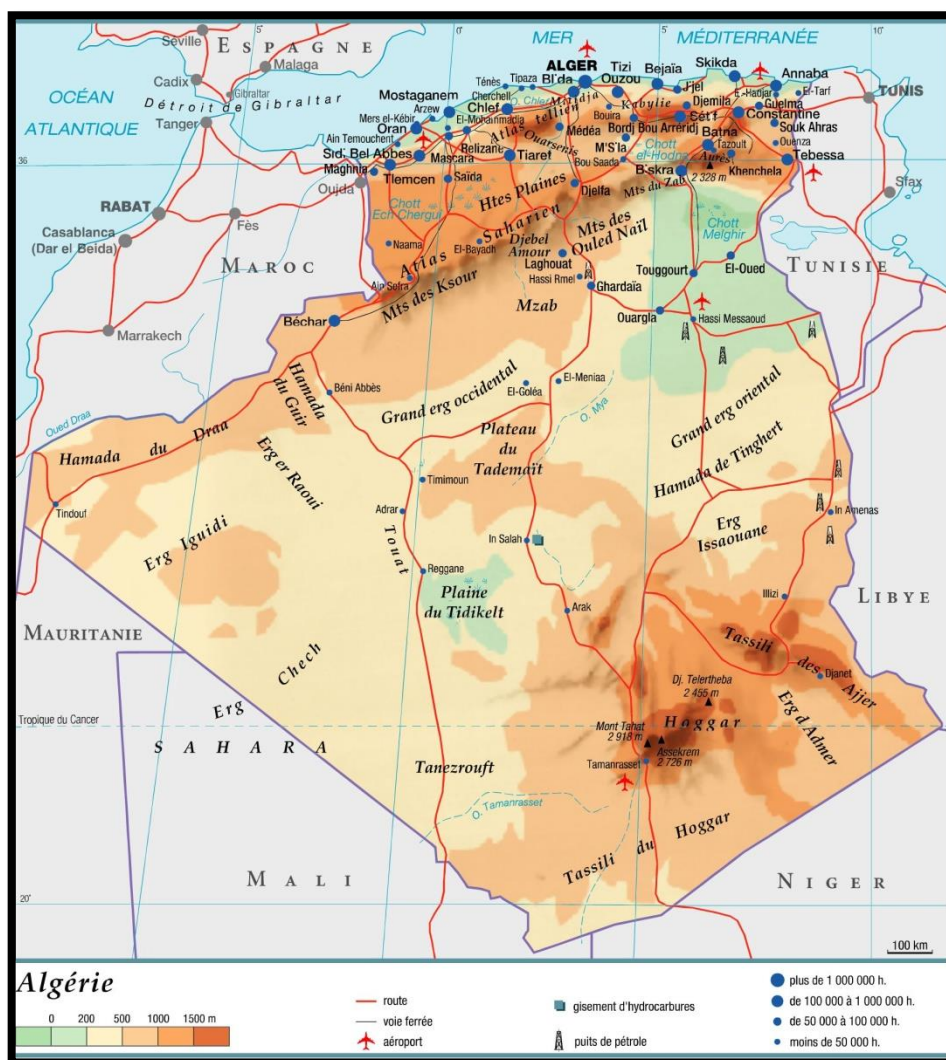


Figure 9. Situation géographique de la région d'étude (Encyclopédie, 2015)

2. Climat

Les données climatiques de la région d'Ouargla pour 11 années (2003-2013) sont apportées de L'office national de la météorologie de Ouargla (ONM, 2014). Ces données climatiques (Tabl. III) nous ont permis d'étudier la variation du paramètre climatique et de classer le climat à Ouargla. Mettre en relation

les données climatiques avec l'exigence pédoclimatique des vers de terre

Tableau III . Données climatiques moyens de la région d'Ouargla entre 2003 et 2013 (ONM, 2014)

	T Max (°C)	T Min (°C)	T Moy (°C)	P (mm)	Hr (%)	V (m/s)	E (mm)
Janvier	19,60	5,00	12,30	17,00	59,55	11,62	118,58
Février	21,10	6,50	13,80	1,20	49,33	13,2	148,49
Mars	26,10	9,90	18,00	5,60	39,45	15,41	215,09
Avril	30,90	14,70	22,80	3,10	35,95	16,83	278,53
Mai	35,60	19,30	27,45	0,20	29,84	18,01	351,1
Juin	40,20	24,30	32,25	0,50	26,38	17,55	407,61
Juillet	44,10	27,80	35,95	0,30	23,27	13,89	462,8
Août	43,60	26,90	35,25	1,70	26,29	14,79	434,73
Septembre	38,10	22,50	30,30	3,30	35,55	15,12	307,3
Octobre	32,70	17,40	25,05	8,10	42,53	12,05	255,44
Novembre	24,60	9,80	17,20	11,40	53,18	9,51	143,19
Décembre	19,40	5,40	12,40	3,90	58,89	9,95	103,12
Moyenneannuelle	31,33	15,79	23.56	56,30*	40,02	13,99	3225,98*

*Cumul annul.

2.1. Températures

La région de Ouargla est caractérisée par des températures très élevées qui peuvent dépasser les 40°C. Les températures moyennes enregistrées sur dix ans pour la période (2003-2013) (Tabl.III)

permettent de constater que la température moyenne annuelle est de 23,56 °C. le mois le plus froid est celui de Janvier avec des températures moyennes minimales de 5,00°C et le mois le plus chaud est celui de Juillet avec des températures moyennes maximales de 44,10°C. A cause de l'augmentation de la température dans cette région, les vers des terres ne peuvent plus survivre en surface donc ils fuient vers les profondeurs. Et selon PELOSI (2008), les anéciques se trouvent parfois à un mètre de profondeur et peuvent ne pas tous être remontés près de la surface.

2.2. Précipitations

Les précipitations sont rares et irrégulières, leurs répartitions sont marquées par une sècheresse presque absolue du mois de mai jusqu'au mois d'août. Les précipitations minimum sont enregistrées au mois de mai avec 0,2 mm et un maximum de 17,00 mm au mois de janvier. Celle-ci favorise la remonté de la nappe phréatique dans la cuvette de Ouargla et par conséquent, la remontée des vers de terre à la surface pendant la période hivernal. Le cumul des précipitations annuelles sur 11 ans (2003-2013) est de 56,30 mm (Tabl. III).

2.3. Humidité relative

L'humidité relative de l'air est faible avec une moyenne annuelle de 40,02 %. Elle varie entre 23,27 % au mois de juillet jusqu'au 59,55 % au mois de janvier (Tabl. III).

2.4. Evaporation

La région est caractérisée par une évaporation très importante. Elle est de 3225,98 mm/an avec un minimum de 103,12 mm au mois décembre, le maximum enregistré est de 462,8 mm au mois de Juillet (Tabl.III) celle-ci impose la fuite des vers de terre vers les profondeurs.

2.5. Vents

La vitesse moyenne des vents est de 13,99 m/s. La fréquence et la force des vents augmentent graduellement au mois de Mars et atténuent au maximum au mois de Mai avec une vitesse de 18,01 m/s. Ils provoquant des dégâts aux cultures et la fuite des vers de terre vers les profondeurs pour éviter la déshydratation de leur peau (Tabl. III).

3.Classification de climat

La classification de climat de la région de Ouargla se base sur le diagramme d'ombrothermique du GAUSSEN et BAGOULS ainsi que sur le Climmagrame d'Emberger.

3.1. Diagramme d'ombrothermique du Gaussen

Le Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGOULS (1953) appliqué à la région d'étude montre qu'elle se caractérise par une période sèche qui s'étale sur toute l'année (Fig. 10).

3.2. Climmagrame d'Emberger

Le climagramme d'EMBERGER (1955, in KAABECHE, 1990) nous permet de classer l'étage bioclimatique par le calcul du quotient pluviothermique (Q2) adapté pour l'Algérie selon la formule de STEWARD (1969), qui se présente comme suit :

$$Q2=3.43 (p / (M-m))$$

Q2 : quotient pluviothermique d'EMBERGER

P : pluviométrie moyenne annuelle en mm

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C

m : moyenne des minimas du mois le plus froid en °C

On a trouvé $Q2=2,39$. La région de Ouargla est donc située dans l'étage bioclimatique saharien ou hyperaride à hiver doux (Fig. 11).

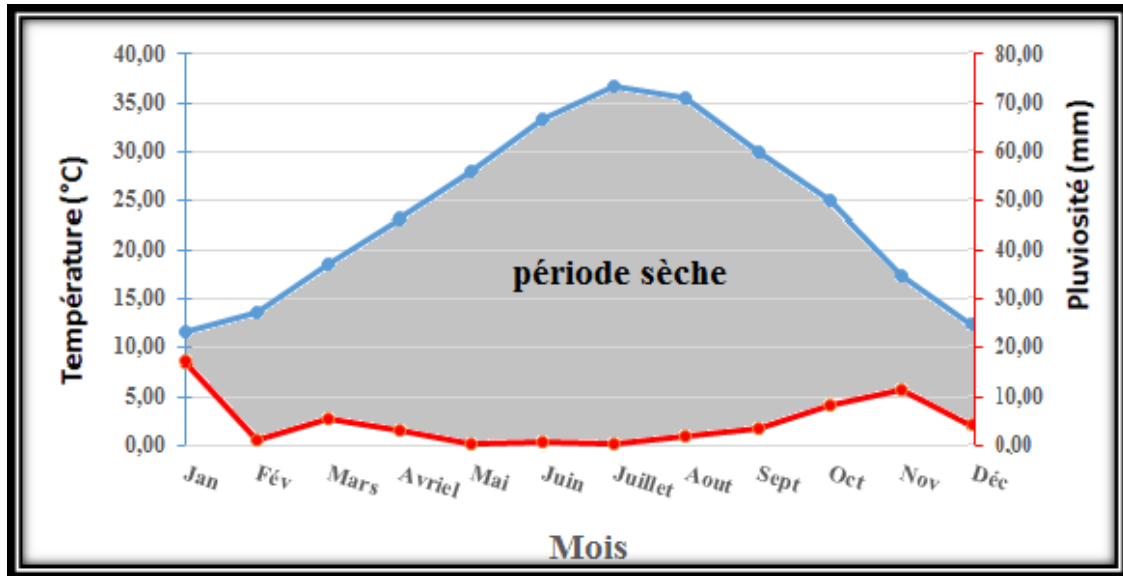


Figure 10. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGOULS(1953) appliqué à la région de Ouargla (2003 -2013)

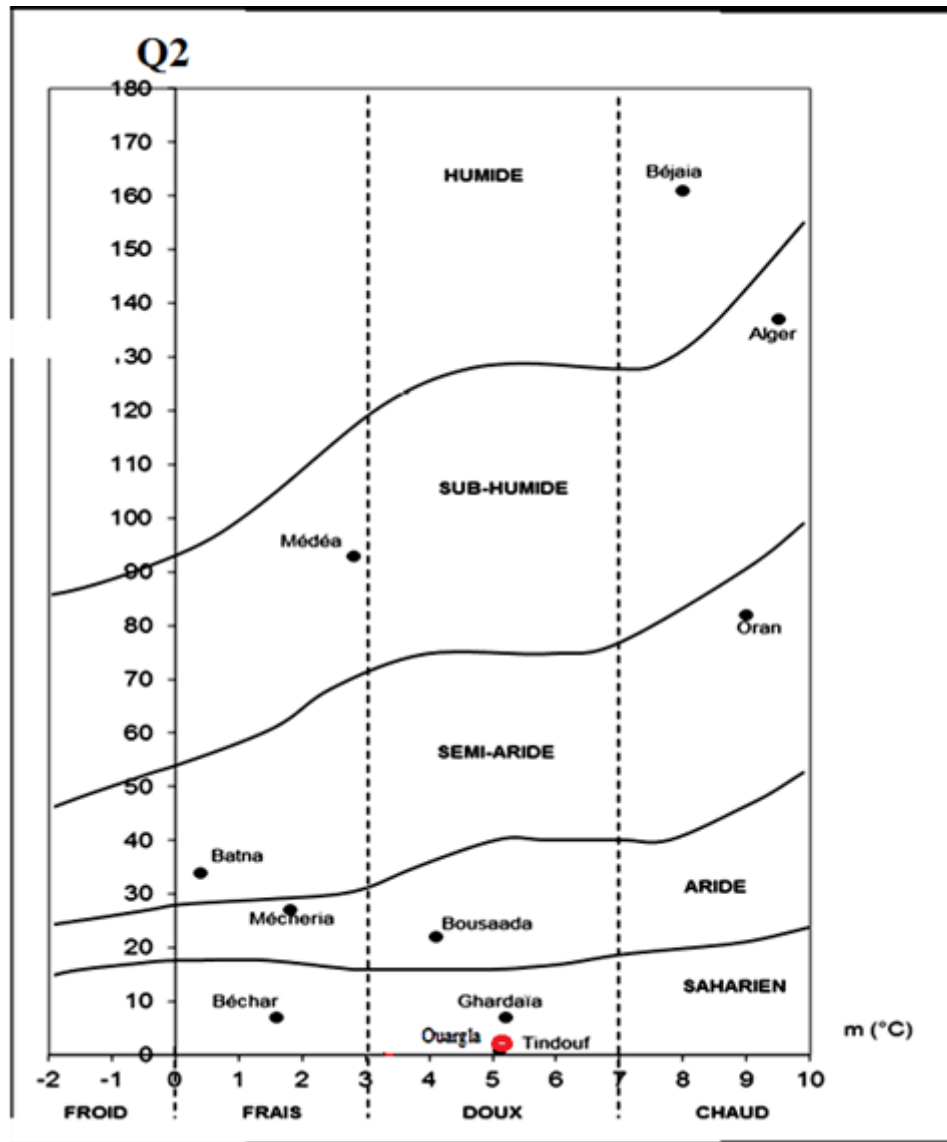


Figure 11. Etage bioclimatique de Ouargla

4. Sol

Les sols de l'oasis de Ouargla sont de prédominance sableuse (KHADRAOUI, 2007 ; DADDI BOUHOUN, 2010). Les résultats de l'étude des secteurs phoenicicoles de la cuvette de Ouargla montrent une dégradation de son environnement hydro-édaphique, notamment une halomorphie d'irrigation ou associée à des obstacles mécaniques de croûtes gypso-salines à gypsocalcaires-salines en nappes profondes, et une hydro-halomorphie de nappes superficielles ou associée à des obstacles mécaniques de croûte (DADDI BOUHOUN, 2010).

Ils sont caractérisés également par un faible taux de matière organique, une faible teneur en éléments fertilisants et une forte salinité (KHADRAOUI, 2007) ainsi qu'une sodisation des sols (NEZLI et *al.*,

2007). D'après HAMDI-AÏSSA (2001), les sols dans la cuvette de Ouargla sont à prédominance salsodique, hydro-halomorphe et minéraux bruts.

L'intensité de l'évaporation et la remontée des nappes phréatiques accentuent l'accumulation des sels dans les couches superficielles des sols (I.N.S.I.D, 2008). La dégradation du milieu édaphique peut conduire à la longue, en cas d'absence de drainage, au dépérissement des palmiers dattiers et contribue à la désertification de l'environnement oasien de Ouargla (DADDI BOUHOUN et *al.*, 2011 ; DADDI BOUHOUN et *al.*, 2013). Ces conditions hydro-halomorphe sont susceptibles de limiter la vie des vers de terre.

5. Hydrogéologie

La région de Ouargla repose sur un énorme réservoir d'eaux souterraines, il s'agit du système aquifère du Sahara septentrional qui renferme une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés communément : le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT) (HOUARI et *al.*, 2014). Ces aquifères ont été reconnus et exploités depuis la fin du dernier siècle (1892) (ZAHROUNA, 2011). Ces derniers renferment d'importantes réserves évaluées à 31.000×10^9 m³. Les prélèvements actuels avoisinent 1,4 milliards de m³ par an, ce qui se traduit sur le plan pratique, par des rabattements continus des nappes, plus ou moins importants selon les zones (NEZLI et *al.*, 2009).

5.1. Nappe phréatique

Elle n'est pas utilisée ni pour l'alimentation en eau potable ni pour l'irrigation. Sa teneur en sels élevée qui est généralement de 10 à 15 g/l de résidu sec sur l'ensemble de la région et peut dépasser les 25g à la périphérie des chotts. Son niveau d'eau est proche de la surface du sol (KHADRAOUI, 2006). Ce qui confère aux eaux de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla le faciès chlorure sodique (78,26% des échantillons) (NEZLI et *al.*, 2007). Les eaux de cette nappe présentent une pollution organique à différents degrés (DJIDEL, 2008).

5.2. Nappe du complexe terminal

Elle est constituée par deux principales formations, l'une des sables captée à une profondeur de certaines mètres, avec un débit de 25 à 35 l/s et peut dépasser 50 l/s dans la région de Hassi Messaoud. L'eau de cette formation est chargée en sels et peut atteindre les 7 g/l. Quant à la nappe de calcaires qui est relativement plus profonde, entre 150 et 300 m, elle se distingue par une salinité relativement moins chargée de 2 à 3 g/l de résidu sec. Le débit de cette formation est d'environ 20 l/s (KHADRAOUI, 2006). Les concentrations en fluor dans les nappes les moins profondes du CT dépassent fréquemment les teneurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), soit 0,6 à 0,8 mg.l⁻¹, selon la

température diurne maximale de la région considérée (NEZLI *et al.*, 2009).

5.2.1. Mio-Pliocène

Au niveau de la cuvette de Ouargla, seuls les terrains mio-pliocènes affleurent, il s'agit des formations détritiques continentale ; grès, sables, graviers et argiles

Les eaux du Mio-Pliocène, en contact avec une lithologie riche en évaporites en amont, et en argiles en aval révèlent une minéralisation excessive. De fortes concentrations en sulfates, chlorures et en sodium qui évoluent le long du sens présumé d'écoulement des eaux. L'abondance des argiles en aval confère aux eaux de la nappe des concentrations notables en sodium et relativement en potassium. La participation des ions évaporitiques dans la minéralisation totale des eaux résulterait essentiellement d'une éventuelle dissolution de l'halite, du gypse et de l'anhydrite (NEZLI *et HOUARI*, 2013).

5.2.2. Sénonien

En bas, on rencontre les formations marines (calcaires et dolomies) du Sénonien carbonaté, parfois des argiles et évaporites de l'Eocène, l'anhydrite et les sels du Sénonien lagunaire, les bancs calcaires du Turonien, les argiles et marnes du Cénomaniens et les formations gréseuses et argilo-gréseuses de l'Albien. Concernant les communications inter-nappes ; entre Sénonien et Mio-Pliocène, il y a une grande possibilité d'avoir des échanges d'eaux car ces deux nappes sont superposées et il n'y a pas de limite imperméable, surtout dans le sud de la cuvette (Haoud Berkaoui) (HOUARI *et al.*, 2014).

5.3. Nappe Albienne

Cette nappe est captée par une profondeur de 1000 m (Gassi Touil) et 1500 m (Ouargla), elle se distingue par un débit important qui peut dépasser les 200 litres par seconde, une salinité relativement faible (inférieure généralement à 2 g /l de résidu sec). Elle se distingue également par son artésianisme jaillissant (KHADRAOUI, 2006). La température du Continental Intercalaire dépasse les 60°C, son alimentation est relativement faible (ZAHROUNA, 2011).

Partie II

Matériel et méthodes

CHAPITRE IV. Matériels d'étude

1. Choix de la zone d'étude

Notre travail de recherche a été réalisé dans les oasis de la cuvette de Ouargla, vu l'importance agro-écologique de cette région saharienne, dont les ressources organiques se font rares et le rôle des vers de terre dans la décomposition de ces dernières est mal connu. L'expérimentation a été réalisée au niveau de la palmeraie du Ksar.

2. Choix de la palmeraie d'étude

La zone d'étude est située dans les anciennes palmeraies du Ksar riches en dépôts organiques et composés de déchets végétaux accumulés à cause du mauvais entretien agricole où la présence des vers de terre est confirmée par observation (Photo 2).

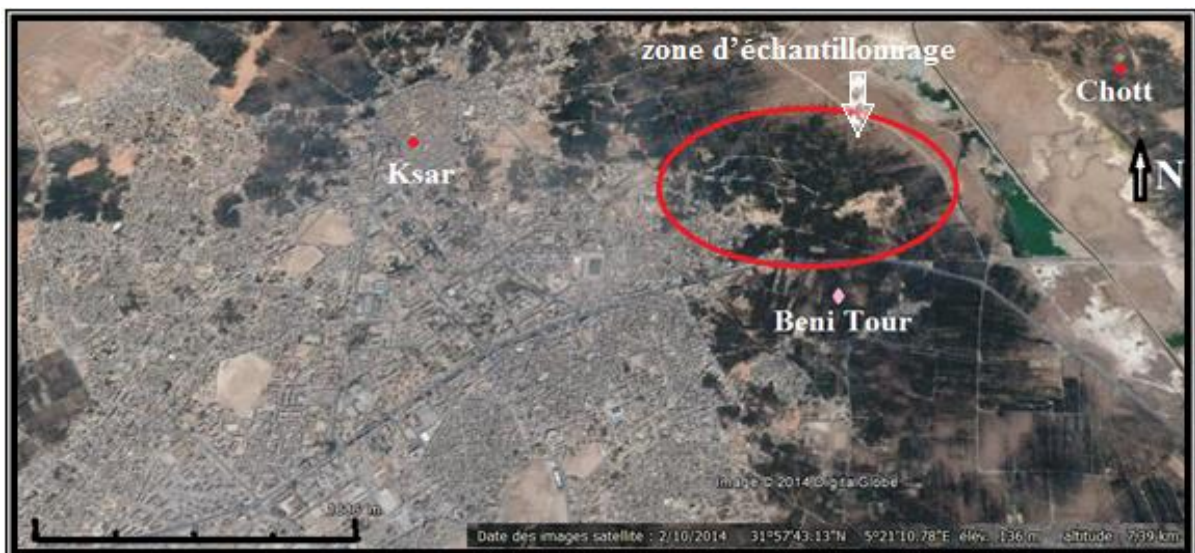


Photo 2. Image satellitaire Google de la zone d'échantillonnage au Ksar

3. Matériel expérimental

L'expérimentation a été réalisée dans deux essais d'étude : l'un en condition naturelle sur champs dans la planche d'irrigation de l'une des palmeraies d'échantillonnage des vers de terre au Ksar et l'autre en condition contrôlée sur pots. Les deux dispositifs consistent à étudier l'impact des vers des terres sur l'évolution de la matière organique dans un mélange sol-amendement en conditions naturelles et contrôlées.

Le matériel utilisé dans ces expérimentations est constitué de vers de terre, de sol, d'amendements organiques et d'eau pour l'humidification.

3.1. Vers de terre

Dans le cadre de notre étude, nous avons déterminé par prospection sur terrain, la localisation des vers de terre afin de procéder à leur échantillonnage.

L'échantillonnage des vers de terre est nécessaire pour leur identification ainsi que leur utilisation dans les deux dispositifs expérimentaux précités. Il a été effectué entre l'automne 2013 et le printemps 2014, période où les conditions de température et d'humidité dans le sol sont favorables pour une activité biologique maximum de lombric, notamment la reproduction (HERGER, 2003; PFIFFNER et *al.*, 2007). Le choix de l'endroit d'échantillonnage se base sur la présence des turricules à la surface.

3.2. Sol

Nous avons utilisé dans ces expériences le sol de l'une des trois palmeraies d'échantillonnage des vers des terres.

3.3. Eau d'humidification

L'eau utilisée pour l'humidification des substratums des essais. Elle provient du forage Miopliocène utilisé pour l'irrigation de la palmeraie où sont réalisés les essais.

3.4. Amendements organiques

Les amendements organiques utilisés dans les substratums de lombricompost sont issus de six types de fumiers : de volaille, de bovin, d'ovin et de caprin, les déchets de palmes et d'olivier. Ces fumiers proviennent d'une exploitation d'élevage de la région sauf le fumier de volaille qui provient de Nord. Le cornaf est considéré comme déchets de palmier et les déchets de la taille d'olivier provient d'une exploitation agricole.

CHAPITRE V. Méthodologie d'étude

1. Approche méthodologique

Notre approche méthodologique consiste à étudier l'impact des vers de terre sur l'évolution de la matière organique sur plusieurs substrats sol- amendements organique. Dans le cadre de cette recherche, nous avons réalisé 2 essais dans la palmeraie du Ksar : l'un en condition naturelle sur sol et l'autre en condition contrôlée sur pots. Cette étude a été réalisée en plusieurs étapes (Fig. 12), À savoir :

1. Enquête et échantillonnage :
 - Prospection sur terrain ;
 - Localisation des palmeraies ;
 - Echantillonnage des vers de terre ;
 - Echantillonnage du sol ;
2. Etude des vers de terre :
 - Identification des espèces ;
 - Etude biométrique ;
3. Caractérisation du milieu de culture des vers de terre :
 - Caractérisation physico-chimique de l'eau de l'essai;
 - Caractérisation édaphique ;
 - Caractérisation de l'amendement organique ;
4. Installation des dispositifs expérimentaux.
 - Essai sur fumiers
 - Test de viabilité des vers de terre dans les rapports pré-compost/sol
 - Viabilité des vers de terre ;
 - Etude physico-chimiques des rapports pré-compost/sol
 - Etude de l'évolution de la matière organique ;
 - Mise en place de l'essai
 - Etude de l'évolution de la matière organique
 - Viabilité des vers de terre
 - Essai sur déchets végétaux
 - Mise en place de l'essai

- Etude de l'évolution de la matière organique
- Viabilité des vers de terre

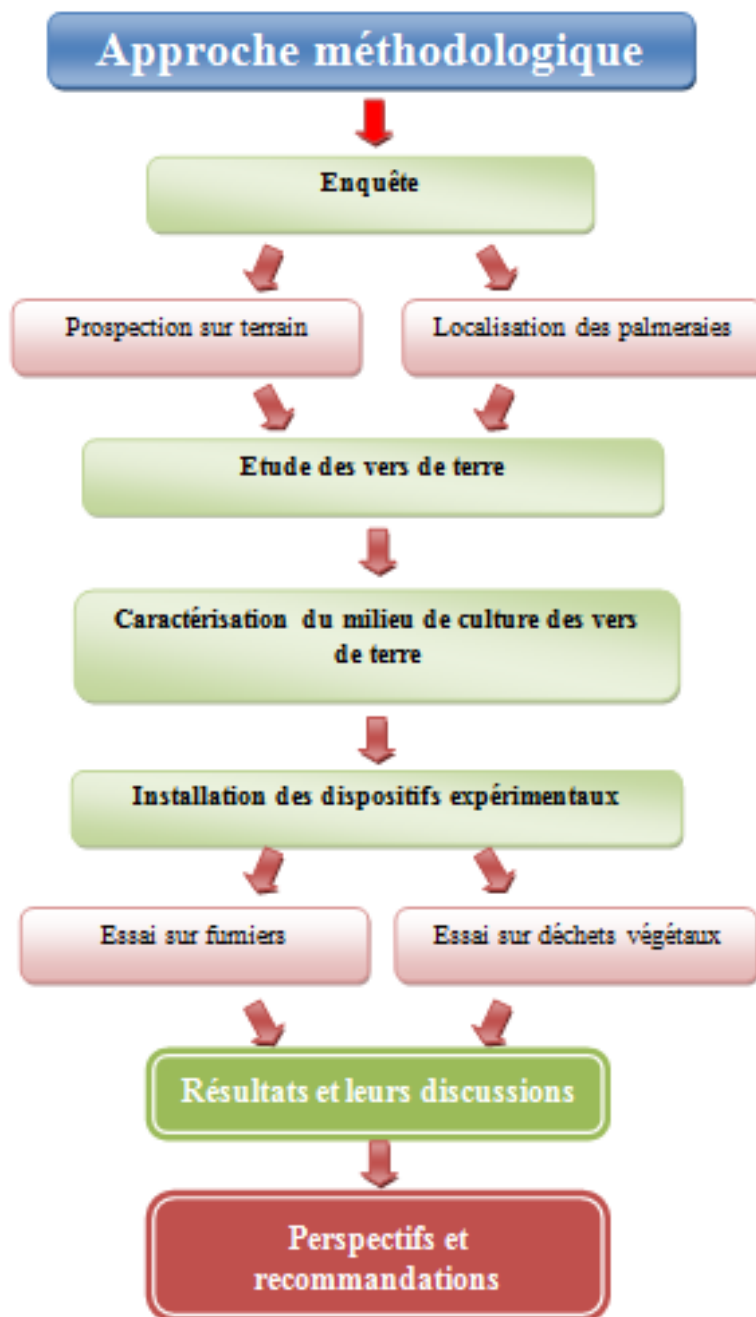


Figure12 .Approche méthodologique d'étude

Cette approche va nous permettre d'identifier les lombrics et leur impact sur la matière organique.

1.1. Enquête

Dans le présent paragraphe, la prospection sur terrain et localisation des palmeraies.

1.1.1. Prospection sur terrain

Dans le cadre de cette étude, nous avons effectué une prospection au Ksar au niveau de 12 palmeraies privées. Celle-ci a montré l'existence de vers de terre dans 4 palmeraies de côté Ouest de Chott où nous les avons observés dans les vingt premiers centimètres. Trois de ces dernières palmeraies constitueront nos sites d'échantillonnages (Photo. 3).

1.1.2. Localisation des palmeraies

Les stations d'étude sont localisées dans les anciennes palmeraies du Ksar (Photo. 3). Ce sont des palmeraies biologiques, l'irrigation est effectuée par la submersion.

- **Station 1** : Elle est située entre $31^{\circ}57'31.32''$ N et $5^{\circ}20'30.42''$ E à 135 m d'altitude, couvrant une superficie de 3500m^2 , plantée de palmiers dattiers. les planches d'irrigation sont occupées par les mauvaises herbes.
- **Station 2** : Elle est située entre $31^{\circ}57'46.97''$ N et $5^{\circ}20'50.35''$ E à 138 m d'altitude, couvrant une superficie de 1000m^2 , plantée par des palmiers dattiers.
- **Station 3** : Elle est située entre $31^{\circ}57'53.72''$ N et $5^{\circ}21'31.44''$ E à 132 m d'altitude, couvrant une superficie de 25000m^2 , planté par de palmiers dattiers et quelques arbres fruitiers de grenadiers, abricotiers et figuiers, mais les planches d'irrigation sont occupées par les mauvaises herbes.

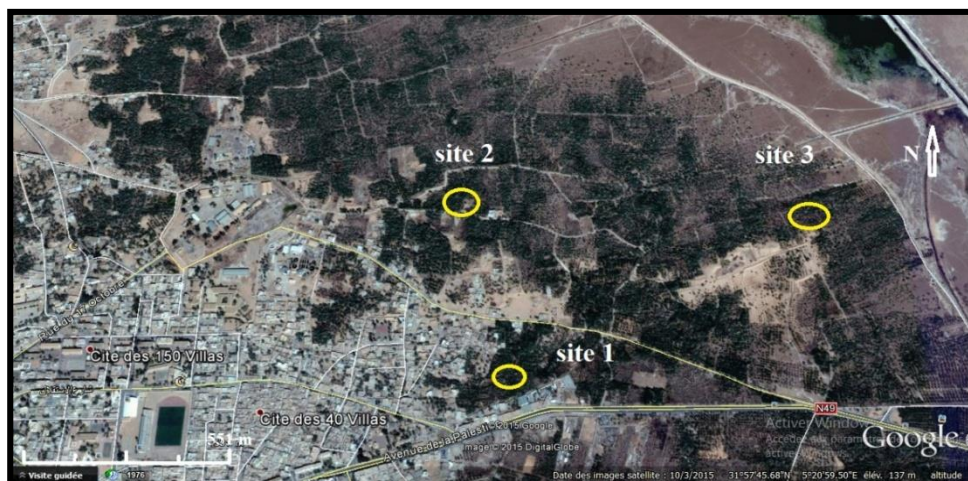


Photo 3. Image satellitaire Google des sites d'échantillonnage au Ksar

1.1.3. Echantillonnage des vers de terre

L'échantillonnage se fait par tri manuel au centre des planches d'irrigation recommandée par BACHELIER (1978), étant le meilleur procédé pour capturer des vers. Nous avons effectuée dans chaque palmeraie trois échantillonnages dans une fosse de largeur, de longueur et en profondeur respectivement 20 cm, 50 cm et 20cm (Photo. 4).



Photo 4. Fosse d'échantillonnage des vers de terre

1.1.4. Echantillonnage du sol

Le sol a été prélevé sur une profondeur de 20 cm et il a été utilisé pour l'ensemencement des essais.

1.2. Etude des vers de terre

L'étude des vers de terre est menée sur leur échantillonnage, leur identification ainsi que sur leurs paramètres biométriques.

1.2.1. Identification des espèces

Le matériel animal utilisé dans notre expérimentation est de deux espèces de vers. Le choix des espèces est basé sur leur abondance dans la région, qui est basé sur la clef de détermination de BOUCHE (1972 in BACHELIER, 1978) :

La disposition des sois, le nombre de segments avant ou en arrière de clitellum, la forme de prostomium ainsi que la présence ou l'absence des réceptacles séminaux, le nombre des pores (2 paires, 3 ou 4), la forme de clitellum, la couleur de la surface dorsale antérieure, le conduits spermatique avec/sans papille distincte, la disposition de crête de puberté et la présence de la bonde transversales.

1.2.2. Etude biométrique

L'étude biométrique des vers de terre a porté sur plusieurs paramètres. Qui permettent une caractérisation des communautés à différents niveaux (RAMADE., 1984) :

- Le niveau global : on l'a traité en utilisant l'indice de l'abondance relative (nb ind/100cm²)

- Le niveau taxonomique (ou spécifique) : on calcule la richesse totale (S) (nombre d'espèces) C'est le nombre total des espèces que comporte un peuplement considéré dans un biotope donné.

1.3. Caractérisation du milieu de culture des vers de terre

Dans le but d'étudier l'impact des vers de terre sur l'évolution de la matière organique, on a fait une caractérisation édaphique et hydrique du milieu de vie des vers de terre et même pour la matière organique utilisée.

1.3.1. Caractérisation édaphique

Pour caractériser le matériel pédologique utilisé, un échantillon représentatif du sol a été prélevé sur une profondeur de 20 cm. Il a été séché à l'air libre et tamisé à 2 mm pour mesurer sa salinité, la conductivité électrique, le pH du sol et la granulométrie.

1.3.2. Caractérisation physico-chimique de l'eau de l'essai

L'analyse de l'eau a été réalisée au laboratoire d'ANRH de Ouargla.

1.3.3. Caractérisation de l'amendement organique

La caractérisation de la matière organique est effectuée après un échantillonnage représentatif au centre et aux côtés de l'unité expérimentale avec un tube cylindrique à un centimètre de diamètre et 3cm d'hauteur. Elle a été séchée à l'air libre et tamisée à 2 mm. Nous avons mesuré le carbone organique, l'azote total et minéral, la conductivité électrique, les résidus secs et le pH.

1.1. Installation du dispositif expérimental

Notre essai se présente en deux dispositifs le premier sur les déchets animaux et le second sur les déchets végétaux.

1.3.1. Essai sur fumiers

L'étude des lombrics sur le fumier est menée en deux phases, la détermination du rapport pré-compost/sol où les vers de terre peuvent survivre et le suivi par un autre essai pour voir l'effet de ceux-ci sur le fumier.

1.3.1.1. Test de viabilité des vers de terre

Le test de viabilité des lombrics est présent par la méthode d'étude et le dispositif expérimental.

➤ Méthode d'étude

Dans cet essai, le test de viabilité des vers de terre par rapport à la proportion pré-compost/sol s'impose car nous avons constaté que les vers de terre meurent aux contacts du fumier à état brute. Ce test va permettre de déterminer le rapport pré-compost/sol acquit aux vers de terre. Pour étudier ce comportement de sensibilité des vers de terre au fumier pour des raisons qui restent à déterminer et pour assurer un bon développement des vers de terre nous avons choisi d'effectuer l'essai du fumier sur terrain pour améliorer les conditions d'aération et de lessivage du substrat du fumier à effet néfaste qui reste limité dans les réceptions de pots.

➤ Dispositif expérimental

Pour cet essai, la composition de substrats est la suivante :

- T_{Fb} : fumier de bovin.
- T_{PFV} : fumier de volaille (50%) + déchets de palmier (50%).
- T_{FO+Ch} : fumier d'ovin (50%) + fumier de chèvre (50%).
- T_{FCh} : fumier de chèvre.

Dans ce contexte, nous avons utilisé les quatre types de substrats sous forme de pré-compost pour déterminer la dose et le type de substrat où les vers de terre (lombric) peuvent survivre. Dans chaque réception, on met le substrat (pré-compost/ sol de la palmeraie) et des vers de terre (au moins 2 individus) avec les rapports représentés dans le tableau (IV). Pour chaque type de fumier, quatre pourcentages sont effectués à partir de fumier brute jusqu' au mélange de rapport (1/4) du pré-compost/ sol. Le dispositif est en blocs aléatoires complets (Fig. 13)

Tableau IV. Rapport du substratum pour le test de viabilité

pré-composts de fumier/sol	Rapport
pré-compost / sol (T0)	1/0
pré-compost / sol (T1)	1/1
pré-compost / sol (T2)	1/3
pré-compost / sol (T3)	1/4

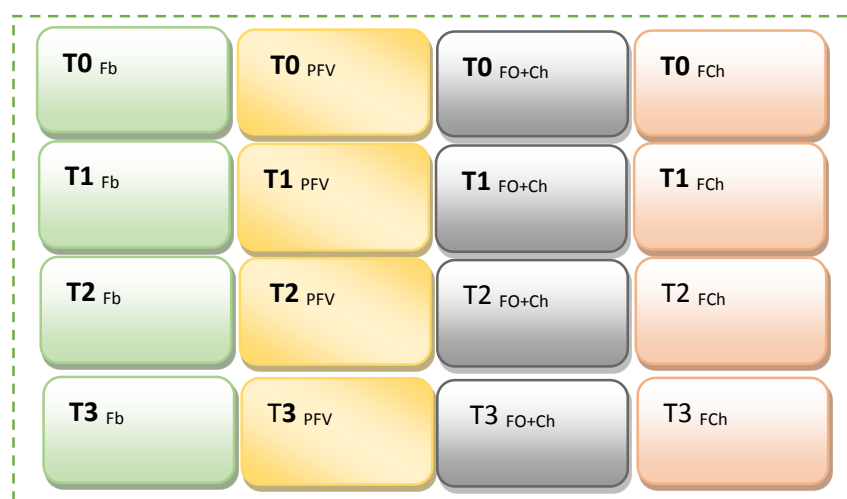


Figure 13. Dispositif expérimental de test de viabilité

➤ **Viabilité des vers de terre**

L'étude de la viabilité des lombrics s'effectue sur la durée de résistance et le taux de viabilité de celle-ci.

➤ **Etude physico-chimique des rapports pré-compost/sol**

Nous avons étudié la qualité des pré-composts de fumier/sol où les vers de terre sontensemencés, en réalisant des mesures de la conductivité électrique CE.e.1,5 et du pH.e.1,5.

1.3.1.2. Mise en place de l'essai

Le test de viabilité des lombrics est présent par la méthode d'étude et le dispositif expérimental.

➤ **Méthode d'étude**

Pour cela, on creuse un fossé de largeur, de longueur et de profondeur respectivement 40 cm, 50 cm et 10 cm. Il est couvert d'une moustiquaire pour éviter la fuite des lombrics. La séparation de fossé se fait par des obstacles en plastique puis on les remplit avec les substrats en dispositif de blocs aléatoires complets (Fig. 15). Chaque unité expérimentale est de 100 cm², et de 2,5 g de vers de terre de l'espèce *Lumbricus terrestris*, correspondant à environ 5 à 6 lombrics selon leur poids.

➤ **Dispositif expérimental**

L'essai contient 2 types de substrat, 3 répétitions pour chaque témoin et chaque type de substratums.

- TFb : fumier de bovin avec vers de terre.
- TFb0: fumier de bovin sans vers de terre.
- TPFV : fumier de volaille (50%) + déchets de palmier (50%) avec vers de terre.
- TPFV0 : fumier de volaille (50%) + déchets de palmier (50%) sans vers de terre.

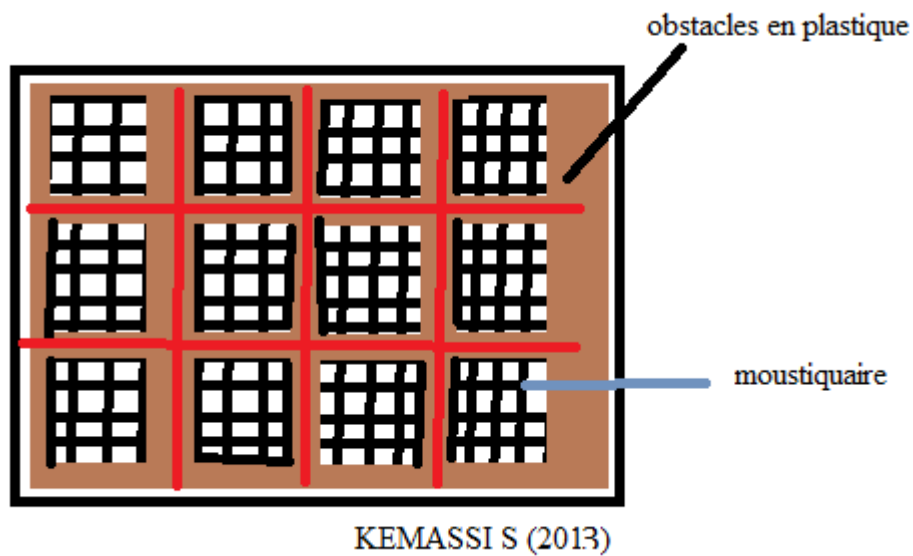


Figure 14. Éléments composant de l'essai



Photo 5. Description de l'essai (fumier)

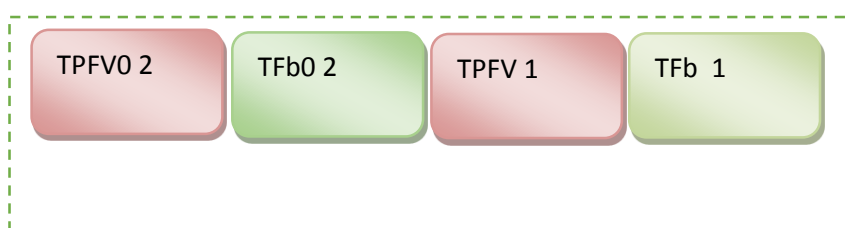




Figure 15. Dispositif expérimentale de l'essai sur fumiers

1.3.1.3. Etude de l'évolution de la matière organique

L'étude de l'évolution de la matière organique consiste à étudier, au cours d'une période l'évolution du taux de quelques éléments chimiques. Nous avons mesuré le carbone organique, l'azote total, la conductivité électrique, les résidus secs, le pH et le C/N. Le premier échantillonnage se fait après 20 jours du début de l'expérience, le deuxième en fin de l'essai.

Pour cela, trois prélèvements sont effectués. Avec ces mesures, nous avons accompli d'autres mesures au début et en fin de l'essai à savoir le taux de l'azote minéral (azote ammoniacale et nitrique). Selon (GIVA, 2011), le rapport C/N : C'est un indicateur de l'activité biologique des sols. Il renseigne sur le degré d'évolution de la matière organique, l'activité biologique et le potentiel de fourniture d'azote par le sol (minéralisation).

1.3.1.4. Viabilité des vers de terre

L'étude biométrique des vers de terre a porté sur la détermination du taux de mortalité. Elle consiste à observer d'une part l'impact de différentes proportions pré-compost/sol sur la viabilité des vers de terre pendant 48 h, ceci pour les quatre types de pré-compost et pendant 40 jours pour les types choisis pour l'essai.

1.3.2. Essai sur les déchets végétaux

L'essai mené sur les déchets végétaux est présent par la mise en place de l'essai et l'étude de l'évolution de la matière organique ainsi que la viabilité des lombrics.

1.3.2.1. Mise en place de l'essai

La mise en place de l'essai se présente par la méthode d'étude et le dispositif expérimental.

➤ Méthode d'étude

Selon CHAOUI (2010), les vers peuvent survivre à des températures de 0°C à 35°C. Et d'après (WERTHEIN., 2012), le lombricompostière doit être maintenu entre 40 et 70 F°, correspondant à (4 - 21°C). Selon WERTHEIM (2012), la température optimale est de 20°C. Le bac peut être placé n'importe où, la température se situe entre 50 et 80 F° (10- 26°C). Mais GAZEAU (2012) montre que les vers de terre ont une croissance forte entre 15 et 30°C. Donc cette variation de température est en fonction des espèces, dans ce cadre, on soumet l'essai à des températures comprise entre 15 et 30°C. L'humidité peut atteindre 75% comme un sol humide ayant atteint sa capacité de rétention (les vers de terre fuient les matières détrempées); (CHAOUI, 2010). Les vers de terre et la literie doivent avoir la même teneur en humidité entre 75 et 90 % (BACSUJLAKY et HEBERT, 2013). Donc l'humidité doit être comprise entre 75 et 90 %.

D'après HERGER (2003), Les vers préfèrent les valeurs de pH les plus acides de 3,5 à 7,5. Selon GAZEAU (2012), le pH doit être proche de 7. Donc Le pH doit être compris entre 6 et 8.

L'aération du bac de vers est nécessaire donc on a fait des trous dans chacun. Selon OSBORNE (2007), percer des trous de ventilation sur les côtés et le fond du récipient. Les trous ne doivent être plus de ½ pouce de diamètre. Pour éviter leur fuite.

On couvre les récipients avec un tissu noir ou bien une bâche parce que les vers préfèrent l'obscurité. Selon CHAOUI (2010), Les vers de terre ont, sur la peau, des cellules photosensibles qui provoquent de la douleur lorsqu'elles sont exposées à la lumière, sauf la lumière bleue. Selon COLLAERT (2009), il est conseillé d'ombrager avec une bâche ou simple carton.

Dans chaque récipient, on met au moins 2 vers de terre pour assurer l'accouplement des individus. Les vers de terre sont des hermaphrodites, ils s'accouplent en position inverse (vers contre vers) (HERGER, 2003). La durée de l'essai est 40 jours, selon CHAOUI (2010), il faut de 22 à 32 jours pour transformer les déchets organiques en fumier, compte tenu de leur densité et de la maturité des vers de terre (il faut de 30 à 40 jours dans le cas du compost ordinaire, suivis de 3 à 4 mois de séchage).

Dans cet essai nous avons utilisé deux types de déchets végétaux à savoir les déchets d'olivier et de palmier dattier, ceux-ci ont été préparés en deux substrats : l'un comprend 2/3 de déchets d'olivier et 1/3 de déchets de palmes (Photo. 6) et l'autre comprend 5% de fumier de volaille et 95% de déchet de palmes.

- **T_{fv2}** : fumier de volaille (5%) + déchets de palmier (95%)
- **T_{o+p}** : déchets d'olivier (2/3) + déchets de palmier (1/3)
- **TN** : Sol nu



Photo 6. Substratums d'origine végétale (déchets d'oliviers et de palmes)

➤ **Dispositif expérimental**

L'essai contient 2 catégories des vers de terre selon la coloration, 3 types de substrat, 3 répétitions pour chaque substratums et un témoin. Les traitements sont disposés en blocs factoriel complets (Fig. 16)

- TPO0 : déchets d'olivier (2/3) + déchets de palmier (1/3) sans vers de terre.
- TPO1 : déchets d'olivier (2/3) + déchets de palmier (1/3) avec vers de terre (catégorie 1).
- TPO2 : déchets d'olivier (2/3) + déchets de palmier (1/3) avec vers de terre (catégorie 2).
- TPV0 : fumier de volaille (5%) + déchets de palmier (95%) sans vers de terre.
- TPV1 : fumier de volaille (5%) + déchets de palmier (95%) avec vers de terre (catégorie1).
- TPV2 : fumier de volaille (5%) + déchets de palmier (95%) avec vers de terre (catégorie2).
- TN0 : Sol nu sans vers de terre.
- TN1 : Sol nu avec vers de terre (catégorie 1).

- TN2 : Sol nu avec vers de terre (catégorie 2).



Photo 7. Description de l'essai (déchets végétaux)

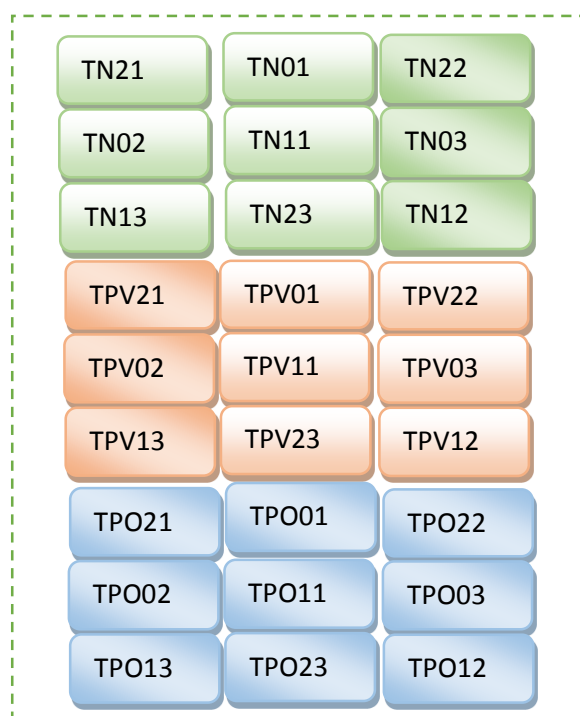


Figure 16. Dispositif expérimental de l'essai sur végétale

1.3.2.2. Etude de l'évolution de la matière organique

Au cours de notre essai, nous avons mesuré la salinité en conductivité électrique, résidu sec et le pH ainsi que des éléments indicateurs sur l'état de l'évolution de la matière organique notamment l'azote total, le carbone organique et le rapport C/N ceci au différents types de matière organique. Les mesures sont effectuées chaque vingt jour après un séchage de substrat à l'air libre.

1.3.2.3. Viabilité des vers de terre

L'étude biométrique des vers de terre a porté sur le taux de mortalité. Elle consiste à observer l'impact de différents types de substrat sur les vers de terre après 40 jours.

2. Méthodes d'analyses du sol et de substratums

Les analyses des sols et des substratums utilisées sont comme suit :

2.1. Granulométrie

La granulométrie a été déterminée par la méthode de tamisage. C'est une méthode quantitative qui détermine les proportions de particules du sol.

2.2. pH e.1:5

La mesure est effectuée avec un pH mètre avec un rapport sol/eau (1/5) (MATHIEU et PIELTAIN, 2009). La détermination de pH a pour objectif de corriger sa valeur selon l'exigence de

vers de terre. Elle influe sur les formes des éléments nutritifs et sur les activités microbiennes dans le fumer.

2.3. Conductivité électrique (CE e.1:5):

La C.E (25°C) du sol a été mesurée par un conductimètre, l'extrait du sol d'un rapport : 1/5 de sol /eau (MATHIEU et PIELTAIN, 2009).

2.4. Résidus secs

Les résidus secs représentent le poids de sels solubles par litre d'eau, séché à 105° C pendant 24 heures. Il a été déterminé pour la solution du sol et de matière organique (MATHIEU et PIELTAIN, 2009).

2.5. Dosage de l'azote

Deux formes d'azote sont dosées l'azote total et l'azote assimilable ceci par la méthode de KJELDAHL.

2.5.1. Dosage de l'azote total

Le dosage de l'azote total est effectué par la méthode KJELDAHL qui comprend deux étapes : la digestion du sol par l'acide concentré et des catalyseurs mixtes. Enfin, la distillation de solution digérée et l'estimation de l'azote (MAHIR, 2003).

2.5.2. Dosage de l'azote minéral

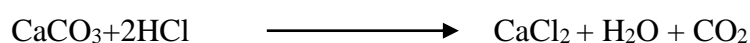
Le dosage de l'azote assimilable est effectué par la méthode KJELDAHL qui comprend deux étapes : l'extraction de l'azote par KCl si le sol est pauvre en calcaire. Enfin la distillation de la solution et l'estimation de l'azote ammoniacal et nitrique (MATHIEU et PIELTAIN, 2009).

2.6. Dosage du carbone organique

On a effectué le dosage de carbone organique par la méthode ANNE (1945), celle-ci consiste à oxyder à chaud le carbone de la matière organique contenu dans l'échantillon du sol dans des conditions définies. Grâce à cette méthode on peut aussi déterminer le taux de la matière organique (AUBERT, 1978).

2.7. Dosage du calcaire total

Le dosage du calcaire total est réalisé par la méthode du calcimètre de BERNARD (MATHIEU et PIELTAIN, 2009). Ce dosage est fondé sur la réaction caractéristique du carbonate de calcium au contact de l'acide chlorhydrique :



Il s'agit de comparer le volume de CO₂ dégagé par le contact d'HCl avec un certain poids connu de terre à

analyser, avec celui qui est dégagé par le contacte d'HCl avec CaCO₃ pur.

2.8. Analyse des résultats

L'analyse statistique a été faite à l'aide du logiciel "Excelle " qui permet d'effectuer l'analyse de la variance pour les différents traitements, ainsi que le test de Fisher pour les comparaisons multiples de moyennes.

PARIE III

Résultats et discussion

CHAPITRE V. Etude bioécologiques des vers de terre

Dans ce chapitre, une étude bio-écologique est réalisée sur les lombrics des milieux phœnicicoles du Ksar de la région de Ouargla

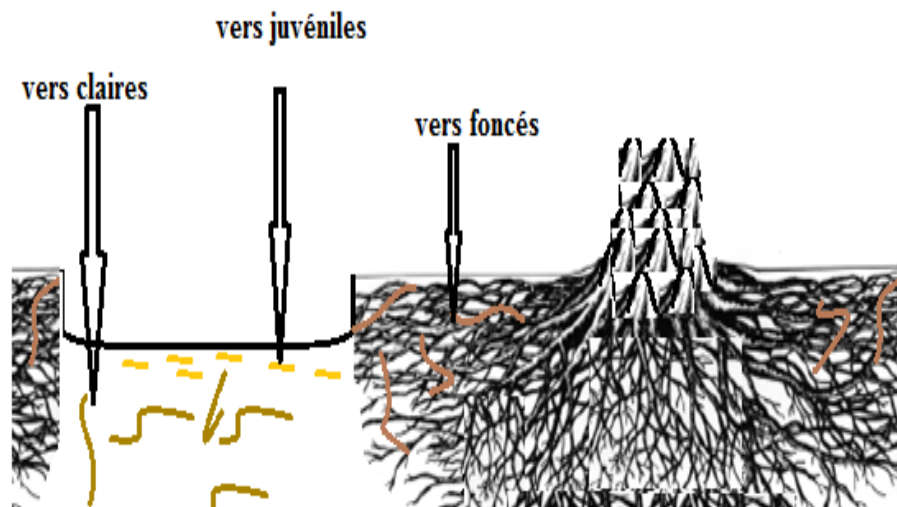
1. Etude biologique

L'étude biologique nous a permis de prospector les palmeraies du Ksar de Ouargla, de localiser les populations des vers de terre au niveau des sols et d'identifier les espèces existantes. Egalement, nous avons fait une appréciation biométrique du niveau global et de la richesse totale des vers de terre.

1.1. Localisation des vers de terre en palmeraies

Les différentes espèces de vers de terre sont distribuées dans les sols des palmeraies d'une façon hétérogène dans l'espace et sur une profondeur d'échantillonnage de 20 cm. Il est à constater l'existence de vers de terre de couleur marron foncée qui occupent la zone racinaire des palmiers dattier. Ainsi d'autres spécimens de couleur marron claire qui préfèrent les planches d'irrigation. Les vers juvéniles sont présents dans le premier niveau du sol (10 cm). Ceci est due peut être à l'existence de la matière organique qui est plus décomposée à ce niveau, nécessaire à leur

développent (Fig.17).



KEMASSI S (2014)

Figure 17. - Distribution des vers de terre dans le sol des palmeraies

1.2. Identification des espèces de la famille Lumbricidae

Dans le cadre de notre étude, nous avons effectué l'identification de différentes espèces de vers de terre existant dans les palmeraies de Ksar. Ce travail a été réalisé et confirmé par les systématiciens et chercheurs algériens spécialisés en zoologie, en se basant sur des clés de déterminations de BOUCHE (1972 in BACHELIER, 1978).

Les résultats obtenus montrent, qu'il existe quatre espèces, dont trois appartenant au groupe anécique et une au groupe endogé (Tabl. V). Cela montre que ces vers de terre peuvent se déplacer verticalement en profondeur "anécique" et horizontalement en surface "endogé" (VIGOT et

CLUZEAU, 2014).

Tableau V. Espèces capturés

Famille	Sous-famille	Genre	Espèce
Lumbricidae	Lumbricinae	Lumbricus	<i>Lumbricus terrestris</i> (LINNAEUS, 1758)
			<i>Lumbricus rubellus rubellus</i> (HOFFNEISTER, 1843)
		Aporrectodea ou Allolobophora (BÜTSCHLI, 1882)	<i>Aporrectodea longa</i> (UDE, 1885)
		Allolobophora	<i>Allolobophora icterica</i> (SAVIGNY, 1826)

1.2.1. Genre Lumbricus

D'après BOUCHE (1972 in BACHELIER, 1978), le genre Lumbricus se caractérise par :

- des soies disposées en 4 rangs de 2 (disposition lombricienne) ;
- Clitellum débutant en arrière du 15^{ème} segment ;
- pores des spermiductes antérieurs au clitellum ;
- Prostomium divisant complètement le premier segment (type tanylobe).

Nous avons trouvé deux espèces qui sont *Lumbricus terrestris* et *Lumbricus rubellus rubellus* :

- ***Lumbricus terrestris*** : C'est une espèce anécique (PERES, 2003), selon BOUCHE (1972 in PELOSI, 2008) elle caractérisée par :
 - une pigmentation rouge-vineux,
 - elle est grosse, avec un aplatissement caudal,
 - les soies sont géminées et bien visibles ;
 - le Pore mâle est situé au 15^{ème} segment ; les pores dorsaux sont entre 8-9 segments (photo. 9) ;
 - le poids d'un vers est de 0,3865 g et sa longueur est d'environ 15cm
- ***Lumbricus rubellus rubellus*** : C'est une espèce anécique (PERES, 2003), elle caractérisée

par :

- le pore mâle est invisible ;
- la queue sous forme de pagaie ;
- le poids d'un vers est de 0,4277 g et sa longueur est d'environ 12 cm (Photo. 10);

Nous avons trouvé cette espèce dans la zone racinaire hors de la zone d'échantillonnage.

1.2.2. Genre *Allolobophora* ou *Aporrectodea*

Selon BOUCHE (1972 in BACHELIER, 1978), le genre *Allolobophora* ou *Aporrectodea* se caractérise par :

- des soies disposées en 4 rangs de 2 ;
- Clitellum débutant en arrière du 15^{ème} segment ;
- pores des spermiductes antérieurs au clitellum ;
- Prostomium divisant complètement le premier segment ;
- Clitellum dépassant en arrière le 28^{ème} segment ;
- Pores des réceptacles séminaux, si présents, situés latéralement entre les soies d et c ;
- 3 ou 4 paires de vésicules séminales ;
- réceptacles séminaux ;
- Soies géminées : 4 paires de vésicules séminales en 9, 10, 11 et 12.

Nous avons trouvé deux espèces qui sont *Aporrectodea longa* et *Allolobophora icterica* :

- ***Aporrectodea longa*** : C'est une espèce anécique (PERES, 2003), elle caractérisée par :
 - la présence des pores males visibles ;
 - sa longueur est environ 12,5 cm (Photo.11) ;
 - le poids d'un vers est de 0,5116 g.

Nous avons trouvé cette espèce hors de la zone d'échantillonnage.

- ***Allolobophora icterica*** : c'est une espèce endogée (PERES, 2003), il caractérisée par :

BOUCHE (1972 in PELOSI, 2008):

- un prostomium épilobique fermé ;
- des soies étroitement géminées ;
- un clitellum en forme de selle située entre 27-39 segments ;
- pore mâle en fente verticale en 15^{ème} segment ;
- Pores dorsaux bien visibles en 4-5 segments ;
- la longueur est de 7,5 cm (Photo. 12) ;
- le poids d'un vers est de 0,2196 g.

Nous avons trouvé cette espèce dans la zone racinaire.



Photo8. - Aspect morphologique de *Lumbricus terrestris*



Photo 9. Aspect morphologique de *Lumbricus rubellus rubellus*



Photo 10. Aspect morphologique d'*Aporrectodea longa*



Photo 11. Aspect morphologique d'*Allolobophora icterica* (PELOSI, 2008)

1.3. Etude biométrique des vers de terre

L'étude biométrique des vers de terre a porté sur deux paramètres : Le premier s'intéresse

au niveau global et le second concerne la richesse totale des espèces dans les palmeraies. Ces deux paramètres permettent une caractérisation des communautés à différents niveaux.

1.3.1. Niveau global des différents types de lombrics

Le niveau global varie en fonction de la période d'échantillonnage comprise entre le mois de septembre et de novembre 2014 (Fig. 18) :

- **En septembre 2014**, 70 individus ont été capturés dans la palmeraie n° 1, dont un est un adulte appartenant à l'espèce *Lombricus terrestris*. Les 69 individus restants sont des juvéniles dont l'espèce est indéterminée. Dans les deux autres palmeraies, aucun individu n'a été capturé.
- **En octobre 2014**, on a capturé, à la première palmeraie 56 individus parmi lesquels on a distingué un adulte et un sub-adulte de *Lombricus terrestris*, alors que les 54 autres sont des juvéniles. A la palmeraie n° 2, aucun individu n'a été capturé, alors qu'à la palmeraie n° 3 on a inventorié 28 juvéniles dont l'espèce n'est pas déterminée.
- **En novembre 2014**, l'échantillonnage apparaît le plus important. En effet, on a pu signaler la présence de 126 individus à la palmeraie n° 1, dont un est un adulte appartenant à l'espèce *Allolobophora icterica*, deux sont des sub-adultes de *Lombricus terrestris*, alors que les autres sont tous des juvéniles. En ce qui concerne la palmeraie n° 2, on a inventorié seulement un adulte appartenant à l'espèce *Allolobophora icterica* et trois sub-adultes appartenant à l'espèce *Lombricus terrestris*. De la palmeraie n° 3, on a capturé uniquement 21 juvéniles.

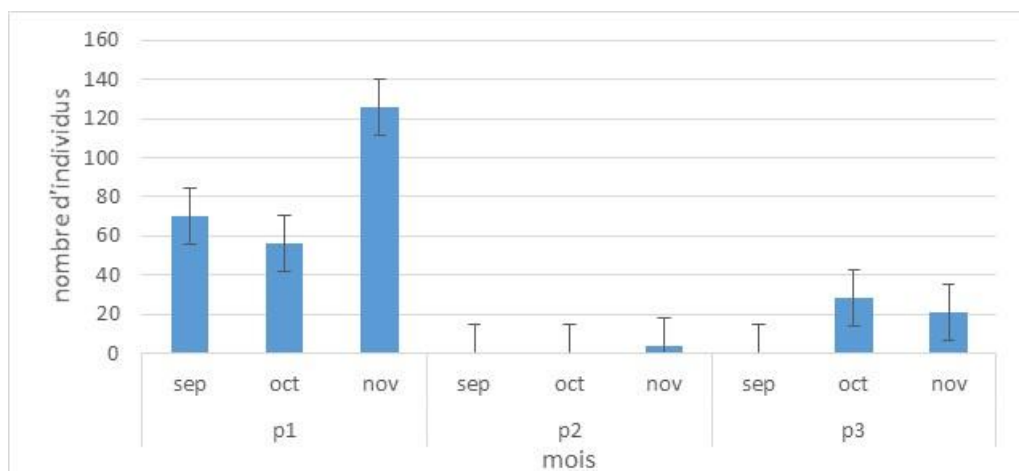


Figure 18. Variation du niveau globale des espèces dans les palmeraies

d'échantillonnages

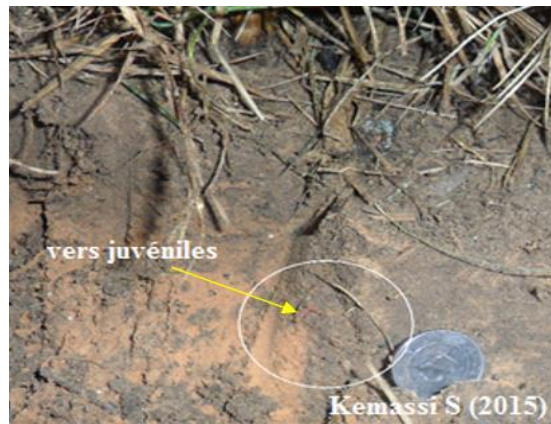


Photo 12. Localisation des vers juvéniles dans le profil

Au niveau des trois palmeraies, le niveau global varie en fonction du mois. Celui-ci peut être due à la variation de certains paramètres du climat ; notamment la température qui agit sur celle du sol. Et par conséquent la fuite des vers de terre vers les profondeurs.

Les données climatiques de la région de Ouargla montrent que la température maximale peut aller jusqu'au 38°C au mois de septembre et 34 °C au mois d'octobre. D'après (CHAOUÏ, 2010), les vers de terre ont besoin d'une température allant de 0 °C à 35 °C (la température optimale étant de 25°C). L'espèce *Eisenia foetida* a une tolérance à haute température entre 0-30 °C (NATURLAND, 2010).

1.3.2. Richesse totale

La richesse totale (S) est différente dans les trois palmeraies. Elle est de 1 espèce au mois de septembre et octobre et de 2 au mois de novembre dans la première palmeraie. Dans la seconde palmeraie, elle est nulle au mois de septembre et d'octobre, mais on a estimé 2 espèces au mois de novembre. Toutefois, la troisième palmeraie ne dépasse pas une espèce respectivement au mois d'octobre et novembre. Le mois de septembre n'a enregistré aucune espèce. (Fig. 19).

On remarque que la richesse la plus élevée est celle marquée au mois de novembre dans les trois palmeraies, ceci peut être due à la remontée des vers de terre. La majorité des espèces que nous avons capturées appartenant au groupe anécique. Ces derniers se trouvent parfois à un mètre de profondeur (PELOSI, 2008). Ils évoluent verticalement, creusant des galeries pouvant descendre jusqu'à 3 m. Généralement, les vers de terre s'enfoncent dans le sol quand il se dessèche

pour ne pas mourir. Ils se roulent en boule et se déshydratent partiellement, pouvant perdre jusqu'à la moitié de leur eau ; leur léthargie cesse avec le retour de l'eau et leur reimplantation (BACHELIER, 1978). En revanche PERES (2003), montre que les conditions pédo-climatiques n'influencent pas de manière significative les catégories écologiques.

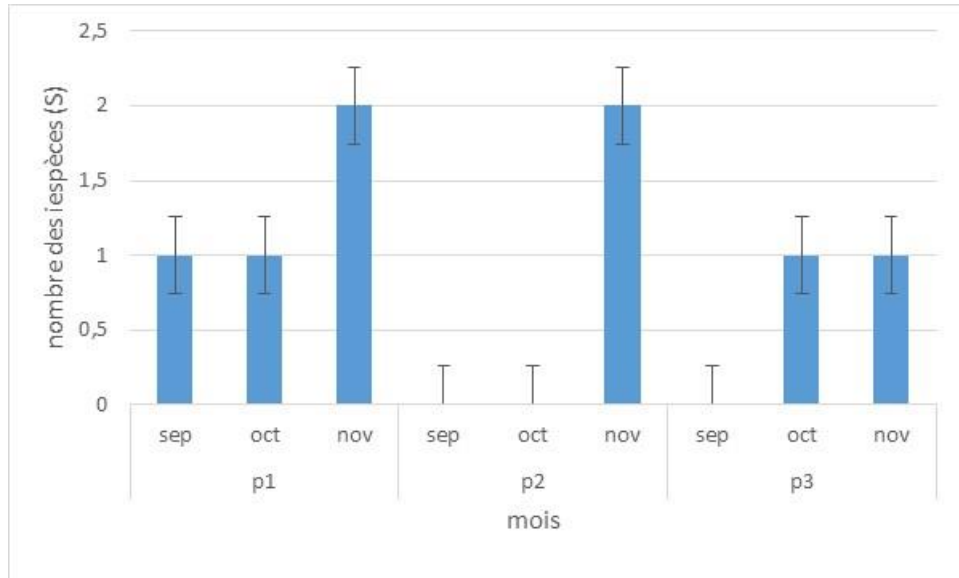


Figure 19. Variation de richesse totale (S) en fonction du mois dans les trois palmeraies

En fait, au mois de novembre, la région d'Ouargla se caractérise par une diminution de température moyenne de l'ordre de 17,20 °C, l'évapotranspiration est de 143,19 mm et l'augmentation du taux d'humidité qui attend 53,18 %, ainsi pour la précipitation qui attend 11,40 mm. Ces conditions sont favorables à l'activité et au développement des vers de terre.

2. Etude écologique des vers de terre

Les vers de terre à Ouargla sont soumis à des conditions climatiques hyperarides et une période sèche s'étalant sur toute l'année (Chapitre III, Fig. 10) Cela ne répond pas aux exigences des vers de terre, notamment thermique (VIGOT et CLUZEAU, 2014). Toutefois, le microclimat du périmètre phœnicicole du Ksar semble idéal à leur développement à cause de la densité du couvert végétal qui réduit la température et les conditions d'irrigation, eux-mêmes augmentent l'humidité. D'après HAMDI-AÏSSA (2001), les sols dans la cuvette de Ouargla sont à prédominance salsodique, hydro-halomorphe et minéraux bruts.

2.1. Conditions hydriques

Les ressources en eaux dans les sols des palmeraies de Ouargla sont des trois types phréatiques :

Méopliocènes, Sénonien et Albienne. Les trois dernières sont utilisées pour l'irrigation, notamment le Méopliocène dans les palmeraies du Ksar (S.A.O, 2014).

L'analyse de l'eau du Méopliocènes utilisée dans notre expérimentation (Tabl.VI) montre, d'après les normes de qualités des eaux d'irrigation (MATHIEU et *al.*, 2007), qu'elle est très fortement salée (Annexe I, Tabl. 07), alcaline et appartient à la classe C4-S1 (Annexe. I, fig. 1). Cette eau est de mauvaise qualité et impropre à l'irrigation dans les conditions ordinaires, mais elle peut être utilisée lorsque les sols sont perméables avec un drainage adéquat (MATHIEU et *al.*, 2007). Le faciès chimique des sels solubles est équilibré chloruré-sulfaté et sodique-magnésique-calcique. Le comportement des vers de terre dans les sols irrigué avec cette eau sera conditionné par le niveau d'hydro-halomorphie et le faciès D'après HAMDI-AÏSSA (2001), les sols dans la cuvette de Ouargla sont à prédominance salsodique, hydro-halomorphe et minéraux bruts.

Tableau VI. Caractéristique physico-chimiques de l'eau utilisée

Paramètre		Valeurs
pH		7,9
CE à 25°C (dS/m)		4,25
Résidu sec (mg/l)		3756
Cations	Mg ⁺⁺	16,22
	Ca ⁺⁺	10,88

2.2. édaphiques On caractériser palmeraies	(meq/l)	Na ⁺	23,04	Conditions va les sols des	
		K ⁺	0,84		
	Faciès cationique		E.Na.Mg.Ca		
	Anions (meq/l)	Cl ⁻	26,48		
		SO ₄ ⁻	25,78		
		NO ₃ ⁻	0,07		
		HCO ₃ ⁻	2,35		
	Faciès anionique		E.Cl.S		
	Faciès équilibré (E)		Cl.S.Na.Mg.Ca		
	SAR		8,86		
Classe		C4-S1			

d'échantillonnage, le sol du lombricompost ainsi que les amendements organiques.

2.2.1. Caractérisation des sols des palmeraies

Les sols de la région du Ksar présentent des problèmes d'hydromorphie par remontée des eaux phréatiques et d'halomorphie par accumulation de sels solubles (DADDI BOUHOUN, 2010). Notre travail de caractérisation physico-chimique de la surface des sols de trois palmeraies, montre des $pH_{e1:5}$ et des conductivités électriques ($C.E_{e1:5}$) variables.

Le $pH_{e1:5}$ moyen des sols de palmeraies est très légèrement à légèrement alcalin selon l'échelle de pH (Annexe I, Tabl. 06), les valeurs sont comprises entre 7,4 et 8,33 (Fig. 20). La $C.E_{e1:5}$ moyenne des sols est peu salée à très salée selon l'échelle de salinité (Annexe I, Tabl.1), variant entre 0,64 et 3,22 dS/m (Fig.

21).

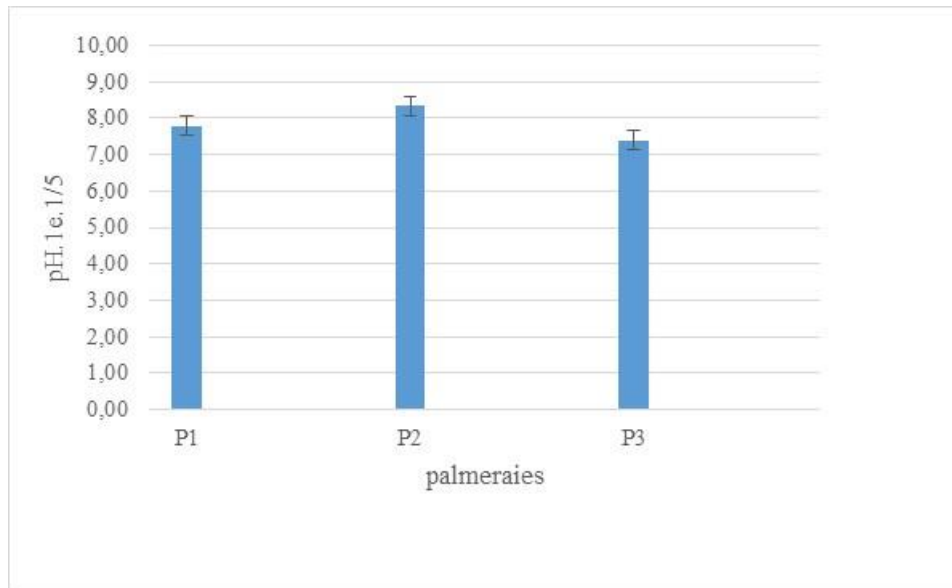


Figure 20. pH_{e.1:5} moyen des sols des palmeraies

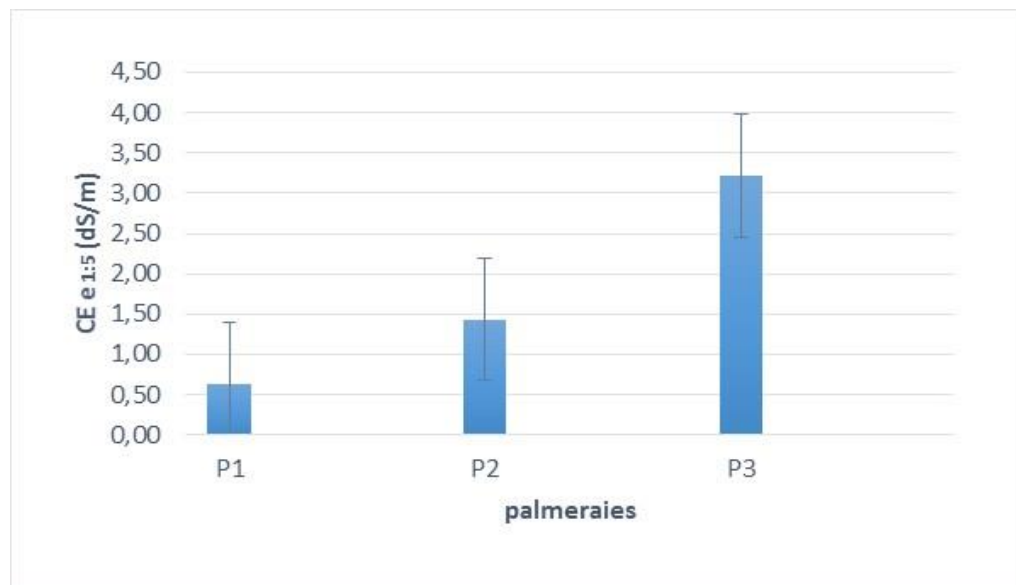


Figure 21. C.E._{e.1:5} moyennes du sol dans les palmeraies

La variation du pH des sols dans les trois palmeraies peut-être due à la variation de la composition chimique de l'eau d'irrigation, des constituants organo-minérales du sol et aussi la remontée des nappes phréatiques alcalines à Ouargla qui favorisent la salinisation des sols et leur alcalinisation (IDDER *et al.*, 2011 ; DJIDEL *et al.*, 2013). Au niveau des palmeraies de cuvette de Ouargla la dynamique des sels varie avec la qualité et la gestion des eaux d'irrigation-drainage et les niveaux des croûtes gypso-calcaire (DADDI BOUHOUN *et al.*, 2011). L'intensité de l'évaporation et la remontée des nappes phréatiques

accentuent l'accumulation des sels dans les couches superficielles des sols (I.N.S.I.D, 2008).

Les conditions d'hydro-halomorphies et d'alcalinité peuvent agir négativement sur l'abondance de la pédo-faune de la cuvette de Ouargla, notamment les vers de terre à cause de leurs exigences écologiques. Les conditions d'alcalinité enregistrée au Ksar convient aux espèces basophiles car les études montrent que les vers de terre ont des préférences variables en pH, d'acide à neutre, comprises entre de 3,5 et 7,5 (HERGER., 2003). Le niveau de salinité mesuré au Ksar dépasse le seuil optimum pour le développement des vers de terre fouisseur mais idéal pour les espèces euryhalines. D'après BACHELIER (1978) et CHAOUI (2010), les vers fouisseurs se rencontrent rarement où la salinité de la solution du sol excède 0,4 % à 0,5 %, contrairement au euryhalines.

L'hydro-halomorphie augmente en partent des versants vers le fond de la cuvette parallèlement à la remontée des nappes phréatiques où se situe la palmeraie du Ksar (DADDI BOUHOUN, 2010). Ces conditions semblent agir sur la biodiversité, les classes et l'abondance des vers de terre constatés dans les palmeraies du Ksar. L'hydromorphie du sol réduit le volume de l'air nécessaire au développement des vers de terre, ce qui limite leur approfondissement dans le sol. L'activité des vers de terre est faible dans les sols à forte hydromorphie (VIGOT et CLUZEAU., 2014).

2.2.2. Caractérisation du sol de lombricompost

Le sol utilisé dans l'étude expérimentale de lombricompost est de texture sableuse, très salée, légèrement alcalin (Annexe I, Tabl. 1 ; Tabl.6) et présente une teneur moyenne en matière organique. Le rapport C/N montre une minéralisation trop rapide qui favorise la perte d'éléments fertilisants (Annexe I, Tabl. 5). Ces conditions peuvent être considérées comme des facteurs qui limitent la biodiversité des vers de terre et leurs activités, notamment la richesse du sol en matière organique ce qui rend les amendements organiques nécessaires et explique en partie la répartition des vers de terre dans la palmeraie du Ksar. Les vers de terre sont abondants en sols argileux (HERGER et *al.*, 2003), et riche en matière organique (VIGOT

et CLUZEAU., 2014).

Tableau VII. Caractéristiques physico-chimique du sol

Paramètre		Valeur
pHe1:5		7,80
C.E.e1:5 à 25°C (dS/m)		4,08
RS (g/l)		7,48
Granulométrie (%)	Sable grossier	27,03
	Sable fin	70,64
	Argile et limon	1,73
Matière organique (%)		1,06
Carbone organique (%)		0,62
Azote total (%)		0,54
C/N		1,15
Calcaire total (%)		3,63

2.2.3. - Caractérisation des amendements organiques

Nous avons caractérisé un certain nombre de matières organiques couramment utilisées dans les palmeraies de Ouargla, afin d'estimer leur potentialité par rapport aux exigences des vers de terre et de les utiliser dans l'expérimentation (Tabl. VIII).

Paramètres étudiés	Types de fumiers				Fumier et déchets des végétaux	Déchets des végétaux
	Ovin et chèvre	Volaille	Bovin	Chèvre	F.V. 5%+ D.P.	D.P.+D.O.

pH_{e1:5}	7,34	8,51	7,85	7,04	-	-
C.E._{e1:5} (dS/m)	33,74	11,51	15,94	42,57	-	-
RS (g / l)	3,02	1,56	1,16	4,58	-	-
MO (%)	84,27	38,78	70,44	83,96	89,52	91,14
CaCO₃ (%)	1,48	33,44	3,44	1,72	-	-

Tableau VIII. Caractéristiques physico-chimiques des amendements organiques

D.P : déchets de palmiers dattiers ; **D.O** : déchets d'oliviers ; **F.V** : fumier de volailles.

L'analyse des matières organiques montre qu'elles sont très riches en sels dont la faible valeur est de 1,16 g/l (0,58 %), dépassant ainsi le seuil critique des vers de terre estimé à 0,5% (CHAOUÏ., 2010). Le pH est très légèrement acide pour le fumier de chèvre. Le mélange du fumier de chèvre avec celui de l'ovin est très légèrement alcalin, par ailleurs le fumier de bovin est légèrement alcalin et de volaille est très fortement alcalin (Annexe I, 06), ceci dépassant le seuil critique des vers de terre évalué à 7,5 (HERGER et al., 2003). Le taux de matière organique est très élevé pour les différents types de fumiers. Ils restent pauvres en calcaire à exception du fumier de volaille qui est fortement calcaire.

3. Conclusion

Le microclimat du périmètre phœnicicole du Ksar de la région de Ouargla semble idéal au développement des vers de terre. L'étude biologique indique leurs présences. La richesse totale (1 à 2 espèces) et le niveau global (0 à 126 individus/1000 cm²) varient en fonction des conditions édaphiques de la région. Les différentes espèces des vers de terre sont distribuées dans les sols d'une façon hétérogène. La majorité de ces espèces appartient au groupe anécique. Les vers juvéniles sont présents aux premiers centimètres de surface. L'activité et le développement des vers de terre sont plus importants à la fin d'automne.

CHAPITRE VII. Etude de l'évolution des matières organiques

Dans ce chapitre nous présentons les résultats de l'impact des lombrics sur l'évolution des matières organiques. Notre approche consiste à étudier premièrement la tolérance des vers de terre aux substratums en testant différents rapports pré-compostes / sol et en estimant la viabilité des lombrics. L'identification du bon rapport pré-composte / sol est indispensable dans le lancement de la deuxième partie de l'expérimentation. Cette dernière consiste à étudier l'effet des lombrics sur l'évolution des matières organiques d'origine végétale et animale.

1. Tolérance des lombrics aux substratums

Dans cette partie, nous avons étudié la tolérance des vers de terre aux traitements des substratums (rapports pré-compost : sol). Le diagnostic nous a permis d'apprécier leur résistance par l'étude du taux et du temps de viabilité ainsi que la variabilité physico-chimique des substratums.

1.1. Résistance des vers de terre

Le taux de viabilité des vers de terre est de 0 % dans les traitements T0 et T1 pour tous les types de substratum, avec l'augmentation du pourcentage d'amendement sableux. Il est de 100 % pour les substratums de types fumier volaille et bovin dans le traitement T3 (Fig. 22).

La durée de résistance des vers de terre s'avère variable en fonction de la composition de substratum (pré-compost : sol) et le type d'amendement. Nous avons enregistré un temps de résistance de 2 mn avec le traitement T0 et il augmente de quelques minutes pour T1. Cependant, il peut varier en T3 de quelques

heures en fumier de chèvre et ovin à 2 mois en fumier de bovin et de volaille (Fig. 23, 24).

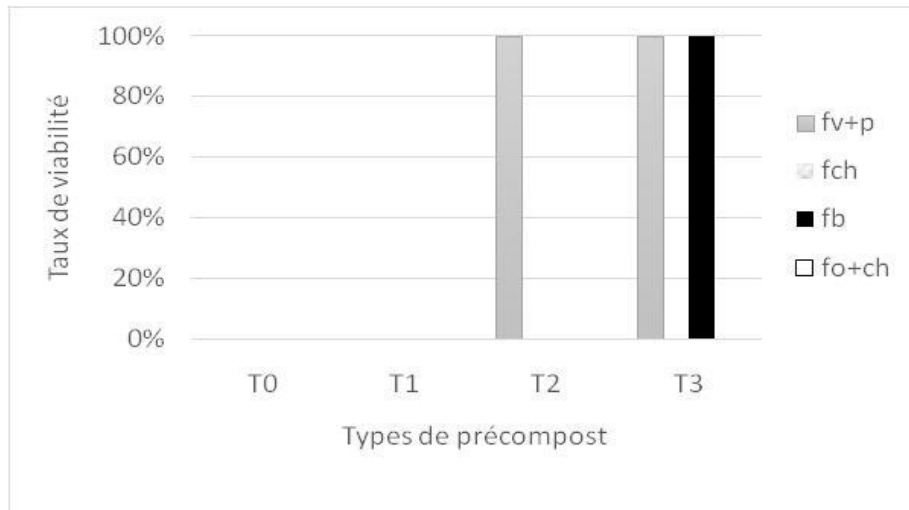


Figure 22. Taux de mortalité dans les traitements substratum-sol

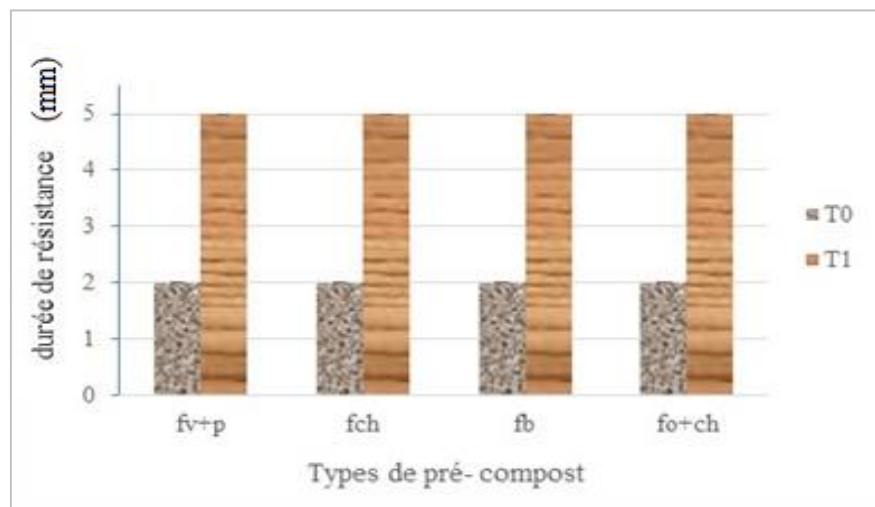


Figure 23. Durée de résistance des vers de terre en T0 et T1

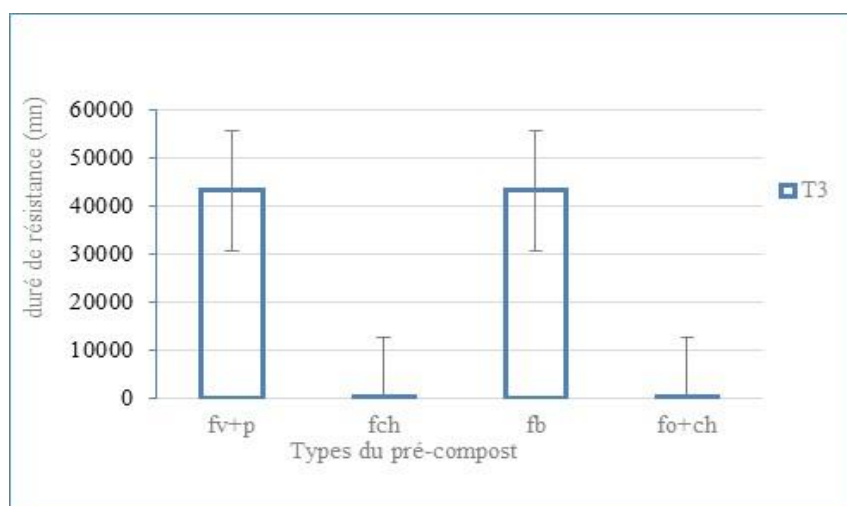


Figure24. Durée de résistance des vers de terre en T3

Les vers de terre dédaignent les végétaux des litières à état Mor (humus brute) et préfèrent les herbes tendres en voie de décomposition ou les fumiers comme le crottin de cheval ou le fumier de vache (BACHELIER., 1978).

La durée de résistance des vers de terre est variable, fort probablement à cause de la composition du substratum (rapport pré-compost : sol), nous constatons que l'amendement du sable au pré-compost semble augmenter la durée de résistance. Cela est due peut être à la disparition des conditions de toxicité qui engendre la mortalité des lombrics. Les travaux de MUSKOLUS (2008 in RICHERT et *al.*, 2011) permettent de diminuer la concentration des éléments qui peuvent être toxiques aux vers de terre tel que l'urée. L'urine est fortement toxique pour les vers de terre. Par contre MISRA et *al.*, (2005) montrent qu'au début de l'activité des vers l'urine peut être diluée avec une quantité équivalente d'eau. Cela permet d'éviter ce problème malgré l'utilisation quotidienne d'urine de vache diluée pour humidifier le lit de vermicompost. A ce stade de recherche nous ne pouvons pas déterminer par exactitude l'agent létale des

vers de terre.



Photo 13. Toxicité des vers par le pré-compost brut

1.2. Variabilité physico-chimique des substratums

L'étude montre que le pH et la salinité varie au cours de l'expérimentation. Le $pH_{e.1.5}$ des substratums a augmenté avec l'addition de l'amendement du sable (Fig. 25). Les valeurs sont variées de 7,15 avec le traitement du pré-compost du fumier de bovin sans amendement du sable à 8,76 avec le traitement du pré-compost du fumier de chèvre. En fait, les substratums d'origine pré-compost du fumier de bovin et de volaille ont un pH légèrement alcalin. Les substratums d'origine pré-compost du fumier de chèvre et d'ovin ont une tendance alcaline, il est très fortement alcalin (Annexe I, Tabl. 06).

La salinité ($C.E.e.1.5$) des substratums a diminué avec l'addition de l'amendement du sable (Fig. 26). Les valeurs sont variées de 48,88 dS/m avec le traitement du pré-compost du fumier de chèvre à 0.59 dS/m avec le traitement du pré-compost du fumier de volaille avec déchet de palme et 80 % d'amendement du sable. En fait, les substratums d'origine pré-compost du fumier de chèvre et de mélange ovin avec chèvre

sont très salés dans tous les traitements qui dépassent 4 dS/m.

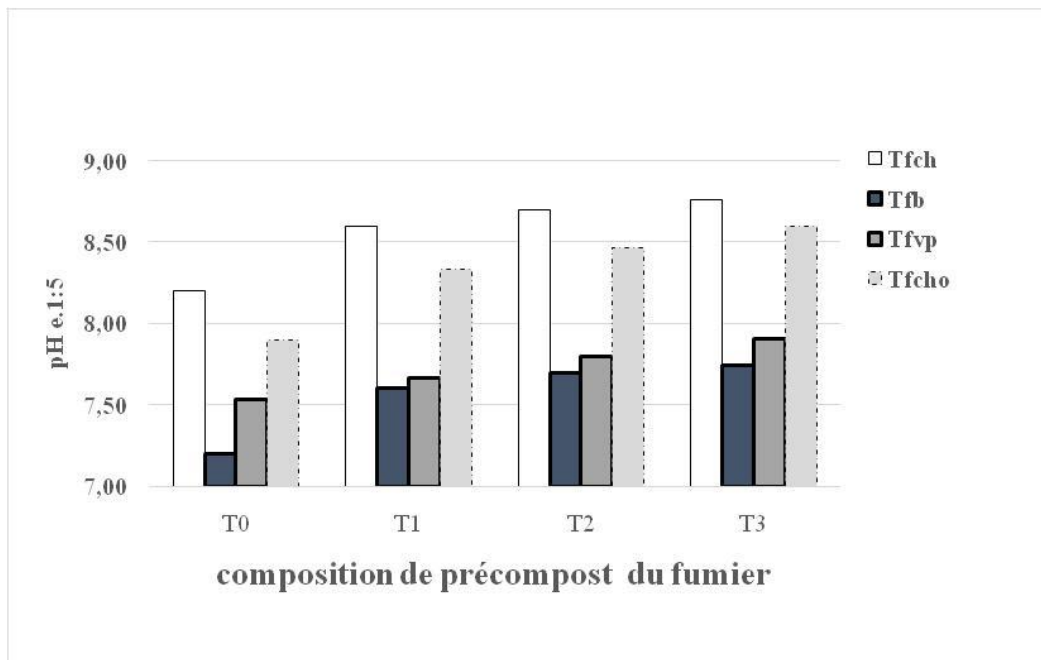


Figure 25. Evolution du pH e.1:5 dans les traitements substratum-sol

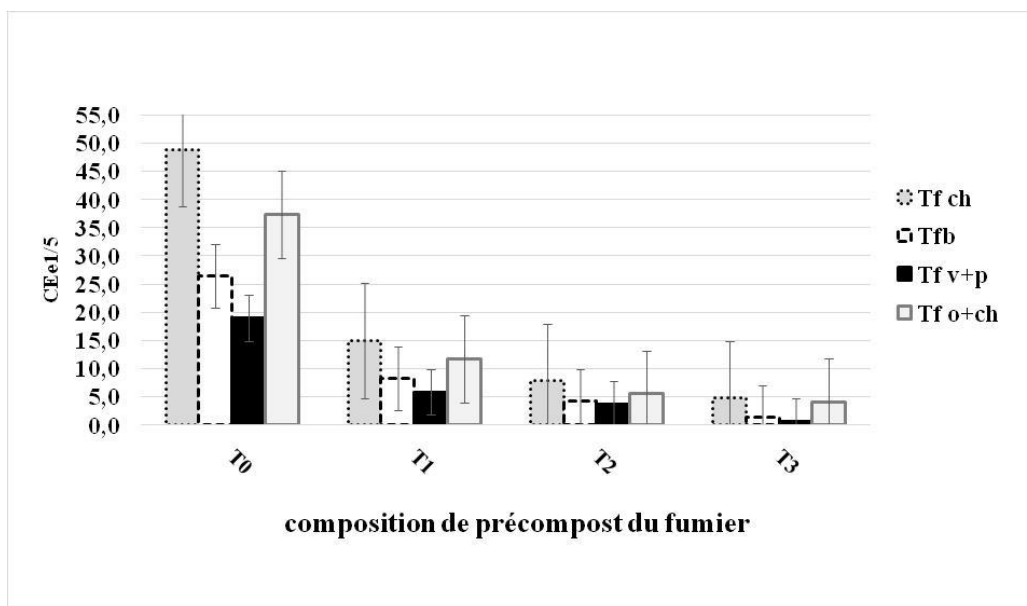


Figure 26. Evolution de la C.E.e.1:5 dans les traitements substratum-sol

Les sols de la cuvette de Ouargla notamment les oasis de ksar sont caractérisés par leur alcalinité. Les vers à utiliser dans notre essai appartiennent à une palmeraie présentent pH du sol et d'eau de 7,9.

Toutefois, les vers de terre ont une large gamme de pH. Il y a des espèces acidophiles, des espèces basophiles et des espèces ubiquistes ou indifférentes (BACHELIER, 1978 ; HERGER ,2003). Et d'après VIGOT et CLUZEAU (2014), les vers de terre peuvent vivre à de pH entre 4,4 et 11. *L. terrestris* et *L.*

rubellus sont des espèces ubiquistes (SACHELL, 1955 in BACHELIER, 1978). *A. longa* et *A. icterica* tolèrent des pH de 4,2 à 8 (JEANSON, 1961 in BACHELIER, 1978).

Cependant, la mort des lombrics avec les traitements T0 et T1 au pré-compost du fumier de bovin et de volaille peut être expliquée par le facteur de salinité qui dépasse dans tous les traitements 4 dS/m. Le faciès ionique des sels du fumier peut être nuisible pour les lombrics.

Les vers sont tolérants au NaCl mais celle-ci diminue en présence de Na₂CO₃ qui favorise l'alcalinisation du sol (BACHELIER, 1978). L'alcalinisation, due à la neutralisation des ions H⁺ liée aux effets des cations métalliques apportés (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺, etc.) et au remplacement des ions H⁺ sur le complexe argilo-humique par ces cations (CHABALIER et al., 2006).

2. Impact des lombrics sur l'évolution des matières organiques

L'étude de l'évolution des matières organiques est menée sur les substrats d'origines végétales et animales. Nous avons mesuré dans ces substrats l'évolution des propriétés physico-chimiques (le pH, la CE et les résidus secs), biochimiques (l'azote total, le carbone organique, le rapport C/N) et chimique (l'azote minéral). Aussi, nous avons étudié le taux de mortalité des lombrics au cours de l'évolution des matières organiques.

2.1. Evolution des substrats d'origine végétale

L'étude de l'évolution des substrats d'origine végétale est menée sur le suivi de l'évolution des propriétés physico-chimiques, biochimiques et chimiques de différents substrats d'origine végétale.

2.1.1. Evolution des propriétés physico-chimiques

Il y a une variation du pH entre le premier et le deuxième prélèvement. Le pH_{e.1:5} des substrats a diminué avec le temps. Les valeurs varient de 6,83 à 8,1 pour, respectivement, le traitement du TPV2 et TN0 (Fig. 27). Toutefois, nous remarquons que l'absence de vers de terre dans les traitements favorise l'augmentation du pH.

La C.E._{e.1:5} des substrats a augmenté avec le temps dans les substrats (Fig. 28). Les valeurs de salinité sont variables. Elles sont de 0,64 dS/m pour les traitements TN0, TN1 et TN2 et de 2,81 dS/m dans le traitement TPV0. Cette accumulation de sels peut conduire à l'alcalinisation. Toutefois, la variation de C.E._{e.1:5} semble importante en présence des vers de terre qui favorisent la diminution de la C.E._{e.1:5}.

Les résidus secs (RS) des substrats diminuent dans le temps (Fig. 29). Cela indique une diminution de la charge saline avec un bilan ionique favorisant l'augmentation de la C.E. Les valeurs varient de l'ordre de 4,38% pour les traitements du TPO0, TPO1, TPO2 et de 0,29% dans

le traitement TN2.

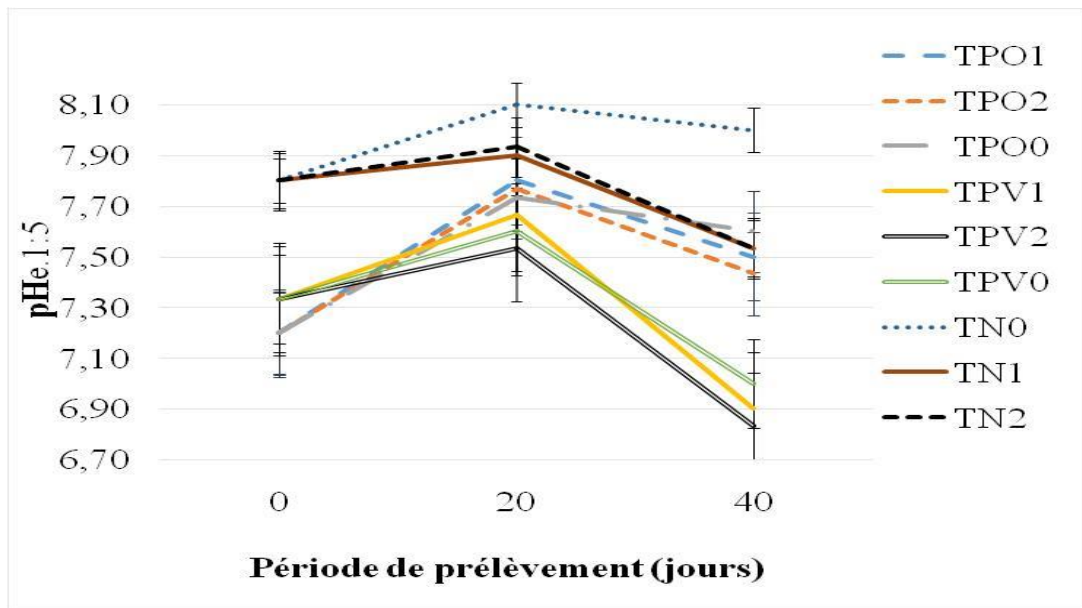


Figure 27. Evolution du $pH_{e:1:5}$ dans les substratums végétaux

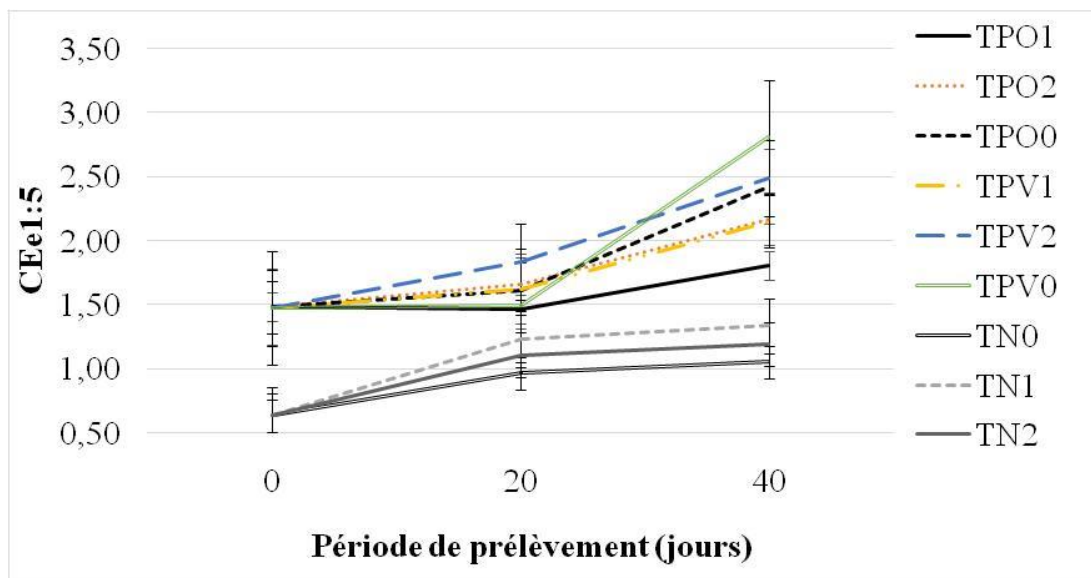


Figure 28. Evolution de la $C.E._{e:1:5}$ dans les substratums végétaux

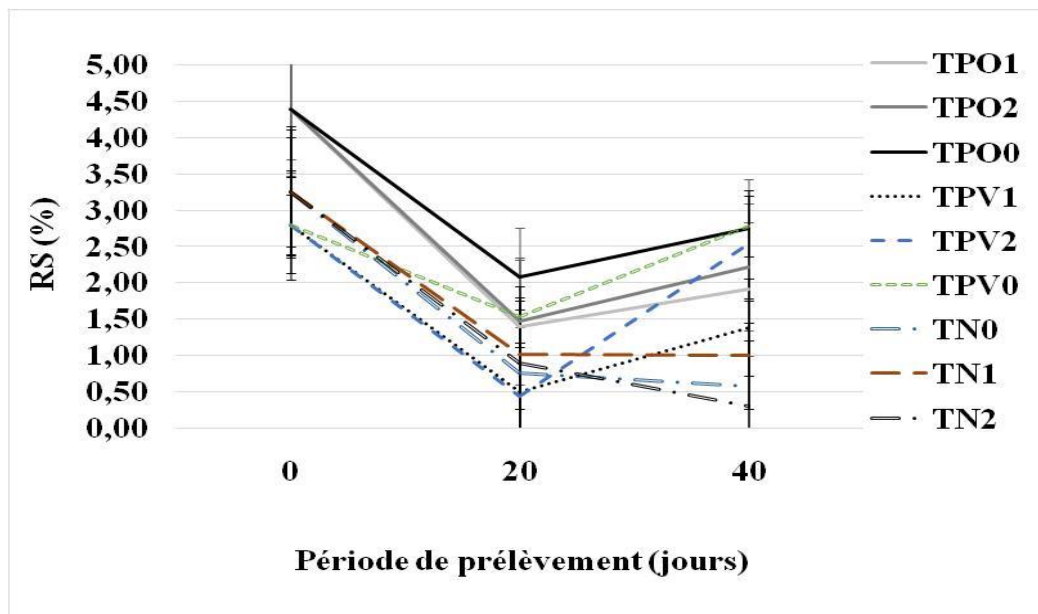


Figure 29. Evolution de Résidu sec dans les substratums végétaux

L'analyse de la variance (Annexes. III, Tabl.1 et Tabl.3) montre que les variations du pH et de la CE sont très hautement significatives entre les types de substratums et les catégories des vers de terre. Pour le pH, le F calculé de facteur types de substratums et les catégories des vers de terre est de 69,65 qui est supérieur à F théorique. Ainsi que pour le facteur temps, la variation du pH a un effet très hautement significatif. Le F calculé (166,68) est supérieur à F théorique (3,16). L'interaction entre les deux facteurs est hautement significative, le F théorique est inférieur à F calculé (respectivement 1,83 et 13,73). Pour la CE, le F calculé des facteurs types de substratums et les catégories des vers de terre est supérieur à F théorique (72,48 et 2,11 respectivement). Aussi, la variation de CE a un effet très hautement significatif avec le temps. Le F calculé (1190,82) est supérieur à F théorique. L'interaction entre les deux facteurs est très hautement significative, le F théorique est inférieur à F calculé (110,00). La diminution du $pH_{e.1:5}$ au deuxième prélèvement semble plus importante en présence de la matière organique par rapport au sol sans amendement surtout en présence de fumier de volaille. Cette diminution peut être expliquée par l'évolution de la matière organique dans les traitements d'amendements qui produit une diminution du pH. La variation de pH semble importante avec l'apport des vers de terre qui favorise la décomposition de la matière organique mais avec un degré plus faible par rapport au traitement riche en matière organique. La diminution du pH au deuxième prélèvement peut être due à la décomposition et la minéralisation de différents substratums. CHABALIER et *al.*, (2006), montrent que l'acidification, due à l'oxydation de N, P et S organiques en anions simples (NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) et à l'oxydation de C organique en carbonates (CO_3^{2-}).

La vitesse de décomposition des déchets de palmes et du fumier de volaille est rapide. L'apport de la matière organique et l'irrigation peut entraîner une augmentation de la salinité, les vers de terre ont

favorisé l'augmentation de la salinité par leur rôle dans la dégradation de la matière organique qui change en fonction de la nature de celle-ci. BACHELIER, (1978) montre que, par passage à travers le tube digestif des vers, des éléments minéraux fragiles peuvent subir une altération plus ou moins poussée et certains cations peuvent être ainsi libérés. On constate que, la variation du pH_{e.1:5}, de C.E_{e.1:5}, et de RS au deuxième prélèvement est peut être due à l'addition des amendements organiques.

2.1.2. Evolution des propriétés biochimiques et chimiques

Les propriétés biochimiques et chimiques suivies sont l'azote total, le carbone organique, le rapport C/N et l'azote minéral.

2.1.2.1. Azote total

L'azote total des substratums a diminué avec le premier prélèvement. Les valeurs varient de 0,25% avec le traitement du TPO, TP1 et TP2 à 0,03% avec le traitement TN0, TN1 et TN2 (Fig.30). En revanche au deuxième prélèvement le taux de l'azote total subie une augmentation en présence des vers de terre catégorie 2 avec 0,03 % en TN₂ et 0,16% en TPO₂. Généralement les valeurs des traitements sont variées entre 0,25 % et 0,03%.

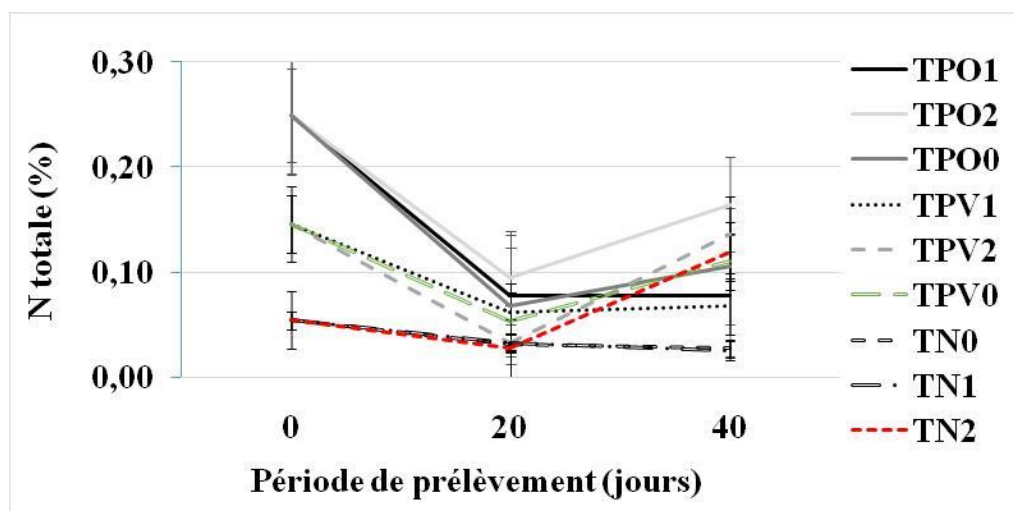


Figure 30. Evolution de l'azote total dans les substratums végétaux

L'analyse de la variance (Annexes. III, et Tabl.7) montre que les variations de l'azote total sont hautement significatives entre les types de substratums et les catégories des vers de terre. Le F calculé des facteurs types de substratums et les catégories des vers de terre qui est de 78,82 est supérieur à F théorique. Pour le facteur temps, la variation de l'azote a un effet très hautement significatif. Le F calculé (268,23) est supérieur à F théorique (3,16). L'interaction entre les deux facteurs est hautement significative, le F théorique est inférieur à F calculé (respectivement 1,83 et 23,43). La diminution de la teneur en azote total est due à la minéralisation de celle-ci. Selon CHAOUI (2010), la teneur en éléments nutritifs du fumier

varie selon le genre d'aliments qu'ingurgitent les vers, la teneur en azote est de 1,5 % – 2,5 %. La consommation des déchets par les vers de terre en déchets engendre la minéralisation de l'azote. On constate que l'augmentation de la teneur en azote total au deuxième prélèvement est due à l'amendement de substratums après le premier prélèvement. BOUGHABA (2014) montre que l'augmentation est due à leur fixation microbienne dans les substrats. En effet, la décomposition des cadavres de vers de terre enrichit le sol en azote de différentes formes. SATCHELL (1967 in BACHELIER., 1978), a montré dans une expérience que 25 % de l'azote des corps des vers étaient libérés sous forme de nitrates, 45 % sous forme d'ions ammonium, 3% sous forme de composés organiques solubles et 27 % dans les diverses protéines et les acides aminés restants.

2.1.2.2. Carbone organique

Le taux de carbone organique est varié entre 0,41 % avec TN0 et 6,46 % TPO0. Il reste stable entre le début de l'essai et le premier prélèvement pour la majorité des traitements sauf pour le traitement TPO₁ où nous constatons une diminution de 1,02 % (Fig. 31). Cependant, les traitements TPV0 et TPV₂ subissent une augmentation qui arrive à 3,15% au second traitement. On constate qu'au deuxième prélèvement, l'augmentation de taux du carbone organique est due à l'addition des amendements organiques.

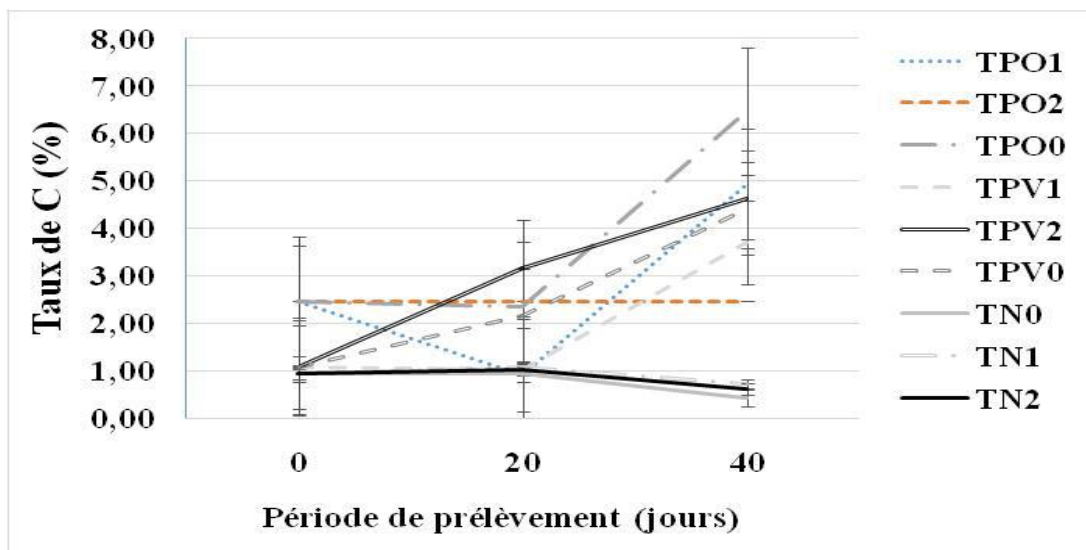


Figure 31. Evolution de taux du carbone organique dans les substratums végétaux

L'analyse de la variance (Annexes. III, Tabl.1 et Tabl.5) montre que les variations du carbone organique sont très hautement significatives entre les types de substratums et les catégories des vers de terre. Le F calculé des facteurs types de substratums et les catégories des vers de terre qui est de 136,58 est supérieur à F théorique. Pour le facteur temps, la variation du l'azote a un effet très hautement significatif. Le F calculé (278,98) est supérieur à F théorique (3,16). Ainsi que l'interaction entre les deux facteurs est

très hautement significative, le F théorique est inférieur à F calculé (53,79). Pour les traitements qui ont subi un amendement organique on a enregistré une augmentation du taux du carbone dans notre essai. Cela est peut-être dû à l'accumulation des substratums sans décomposition ou bien les cadavres des vers de terre. Les espèces de vers utilisées nécessitent peut être une période d'adaptation pour bien dégrader les différents types de substratums ou pour la spécificité d'action de la catégorie des vers de terre dans la voie de dégradation de la matière organique. Cette dernière est variable selon MARTIN *et al.*, (2011), DOMINGUEZ *et al.*, (2009) et DALLERAC (2005), dépendant du régime alimentaire du groupe écologique des vers de terres.

2.1.2.3. Rapport C/N

Le rapport C/N est varié entre 5,19 avec le traitement TN2 et 114,49 avec le traitement TPO1. Il est faible au début pour tous les traitements et il augmente au premier prélèvement pour tous les traitements, passant par exemple de 7,6 à 114,49 en TPV2 (Fig. 32). Cela est un signe d'une mauvaise décomposition organique et une diminution du taux d'azote total par rapport à celui du carbone.

Au deuxième prélèvement le rapport C/N est variable : Il diminue pour TN1, TN2 et TPV2, atteignant 5,19 en TN2. Cela est un signe de bonne décomposition et une augmentation du taux d'azote total par rapport à celui du carbone. Au même temps C/N augmente pour TPO1 et TPV1, passant au maximum de 11,9 à 64,3 en TPO1, signe d'une mauvaise décomposition par rapport aux autres traitements.

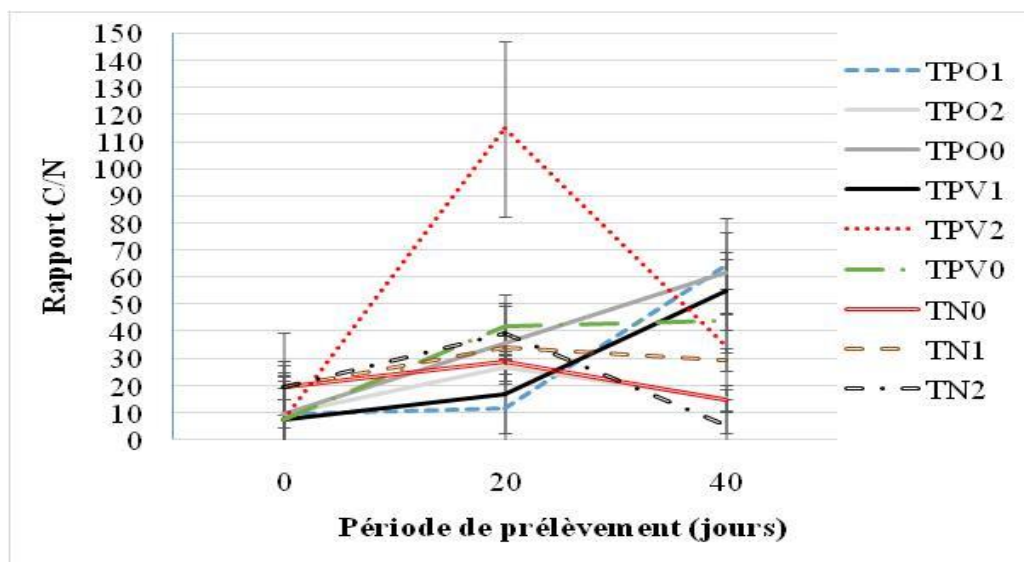


Figure 32. Evolution du rapport C/N dans les substratums végétaux

L'analyse de la variance (Annexes. III, Tabl.9) montre que les variations du rapport C/N sont significatives entre les types de substratums et les catégories des vers de terre. Le F calculé des facteurs types de substratums et les catégories des vers de terre qui est de 9,70 et supérieur à F théorique. Pour le facteur temps, la variation du rapport C/N a un effet hautement significatif. Le F calculé (58,16) est supérieur à F théorique (3,16). Pour l'interaction entre les deux facteurs, elle est significative, le F théorique est inférieur à F calculé qui est de 16,09. Cette variation du rapport C/N peut être due à l'amendement organique au cours de l'essai. La valeur du ratio C/N de la matière organique est élevée, plus l'activité microbienne est limitée par la quantité d'azote disponible dans le sol, ce qui indique une faible décomposition de la matière organique (OUSTANI, 2006). Par revanche, l'étude muni par MELGAR *et al.* (2009) sur les déchets industriel d'huile d'olive par processus de lombricompostage montre que le rapport C/N du produit final est relativement faible et plus stable. Cela indique que l'évolution de la matière organique n'a pas attendre le niveau idéale. Généralement les vers de terre utilisés pour la décomposition de la matière organique sont de la classe épigée. Les lombrics de compost sont des vers de surface qui se trouvent à une profondeur de 10 cm en maximum (A.E.M, 2011). On constate que l'évolution de la matière organique dans notre essai est moins remarquable peut-être à cause de l'utilisation des espèces des vers de terre de classe anécique. A.E.M (2011), montrent que la décomposition de la matière organique est principalement assurée par 2 espèces de vers *Eisenia foetida* qui préfère les matières en décomposition. Il s'appelle ver tigré ou ver du fumier. Ainsi *Eisenia endrei* qui s'appelle ver rouge et préfère les matières fraîches. Selon CHAOUI (2010), les vers de terre épigés, comme *Eisenia fetida* (ver rouge), sont les mieux adaptés pour ingérer des déchets organiques.

2.1.2.4. Azote minéral

Le taux d'azote ammoniacal a diminué dans le temps pour tous les traitements (Fig. 33). Les valeurs varient de 65,33 ppm avec les traitements TN0, TN1, TN2 à 1,167 ppm avec les traitements TN2 et TPV2. Parallèlement, le taux de l'azote nitrique subit une diminution (Fig. 34). Celle-ci varié de 21 ppm avec les traitements TPO0, TPO1, TPO2 à 1,17ppm avec les traitements TPO0, TPV1, TPV2, où les faibles valeurs sont enregistrées dans les traitements avec vers de terre. En revanche pour le traitement TPO0 on a marqué une valeur élevée par rapport aux traitements avec les vers de terre (TPO1, TPO2).

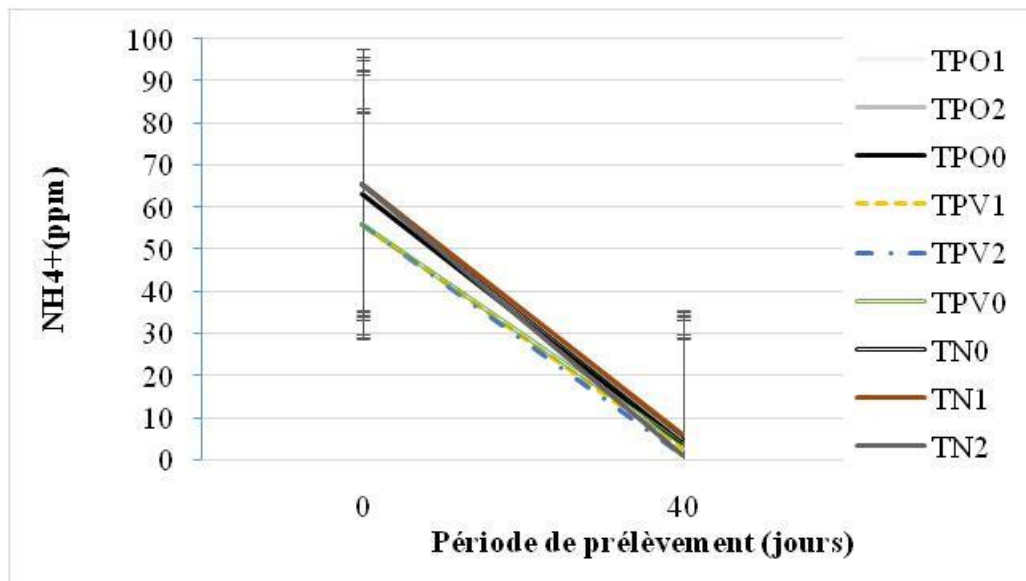


Figure 33. Evolution de l'azote ammoniacal dans les substratums végétaux

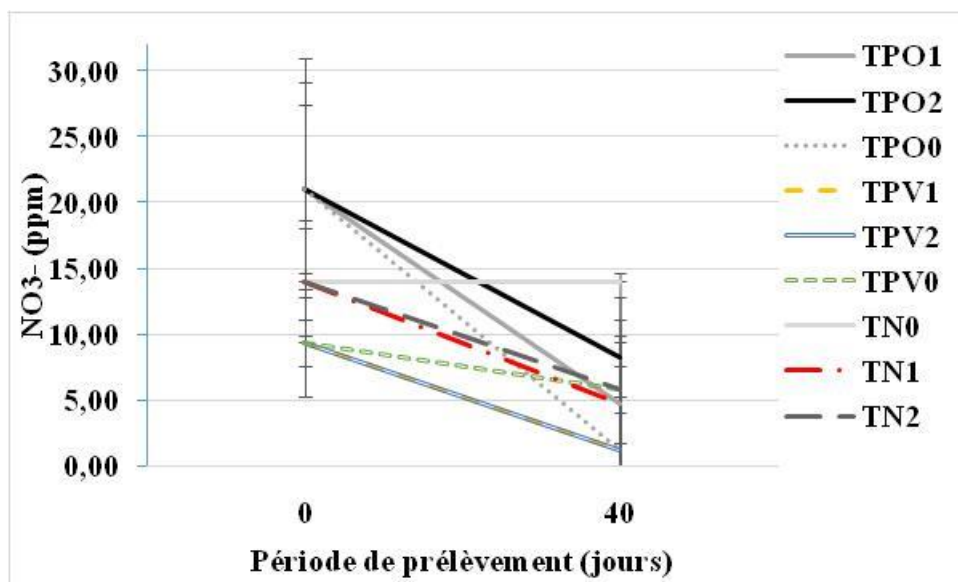


Figure 34. Evolution de l'azote nitrique dans les substratums végétaux

L'analyse de la variance (Annexes. III, Tab. 11, Tab.13) n'a montré aucun effet significatif entre les types de substratums et les catégories des vers de terre sur les variations de l'azote ammoniacal. Le F calculé qui est de 0,53 est inférieur à F théorique. Pour le facteur temps, la variation de l'azote ammoniacal a un effet très hautement significatif. Le F calculé qui est de 574,90 est supérieur à F théorique (3,16). La même analyse n'a montré aucun effet significatif sur l'interaction entre les deux facteurs, le F théorique est supérieur à F calculé respectivement 1,83 et 0,26.

Pour l'azote nitrique, cette analyse a révélé un effet significatif des catégories des vers de terre et les types de substratums. Le F calculé des facteurs types de substratums et les catégories des vers de terre est supérieur à F théorique (4,19 et 2,11 respectivement). Pour le facteur temps, l'analyse a un effet hautement significatif sur la variation de l'azote nitrique. Le F calculé (71,11) est supérieur à F théorique. L'interaction entre les deux facteurs est très hautement significative, le F théorique est inférieur à F calculé (3,17).

2.2. Evolution des substratums d'origine animale

L'étude de l'évolution des substratums d'origine végétale est menée sur le suivi de l'évolution des propriétés physico-chimiques, biochimiques et chimiques de différents substratums d'origine animale.

2.2.1. Evolution des propriétés physico-chimiques

Le pH_{e.1:5} des substratums a augmenté avec le temps. Les valeurs varient de 7,2 avec le traitement du TFb0 et TFb à 8,33 avec le traitement TFb (Fig. 35). Toutefois, en présence des vers de terre dans les traitements nous avons enregistré des valeurs plus élevées.

L'augmentation du pH peut être due à la présence des éléments minéraux alcalinisants. BACHELIER (1978), signale que les vers de terre possèdent des glandes de Morren. Celles-ci sécrètent du carbonate de calcium sous forme de petits durcissements de calcite qui s'évacuent dans le tube digestif.

La C.E._{e.1:5} a diminué avec le temps dans tous les substratums, sauf en TPFV0 où le niveau enregistré reste presque stable (Fig. 36). Les valeurs varient de 1,34dS/m dans le traitement TFb et 0,46dS/m en TFb0 et TPV0. Néanmoins, en absence de vers de terre dans les traitements les valeurs de salinité sont plus élevées.

Les résidus secs des substratums diminuent avec le temps. Les valeurs sont variées de 6,86g/l avec les traitements du TPFV0 à 0,35g/l avec le traitement TN2 (Fig. 37).

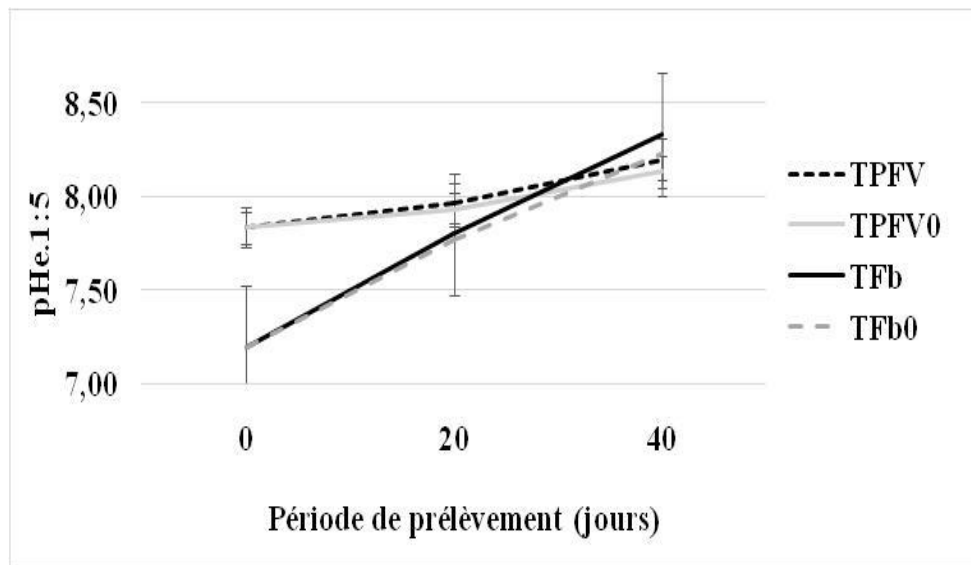


Figure 35. Evolution du pH_{e1:5} dans les substratums animaux

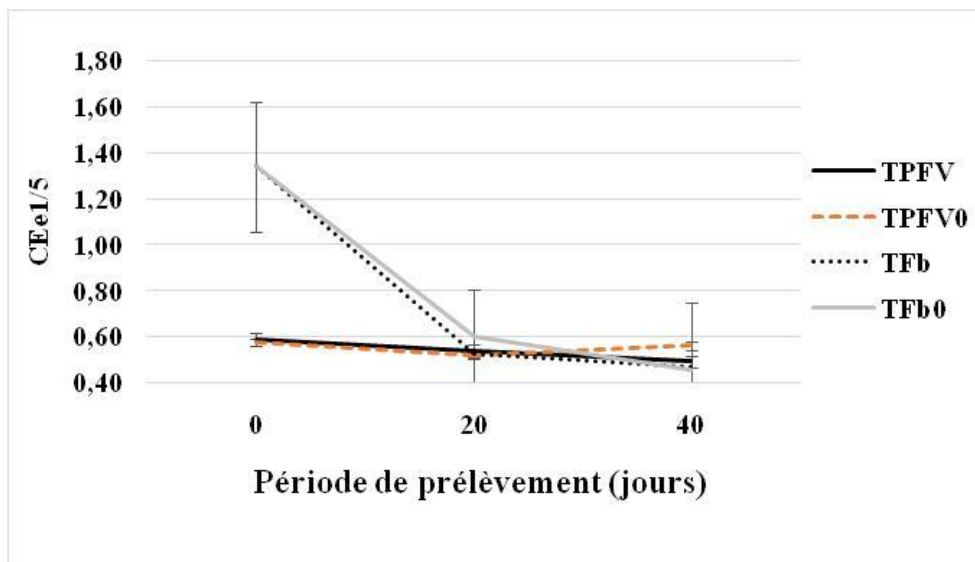


Figure 36. Evolution de la C.E._{e1:5} dans les substratums animaux

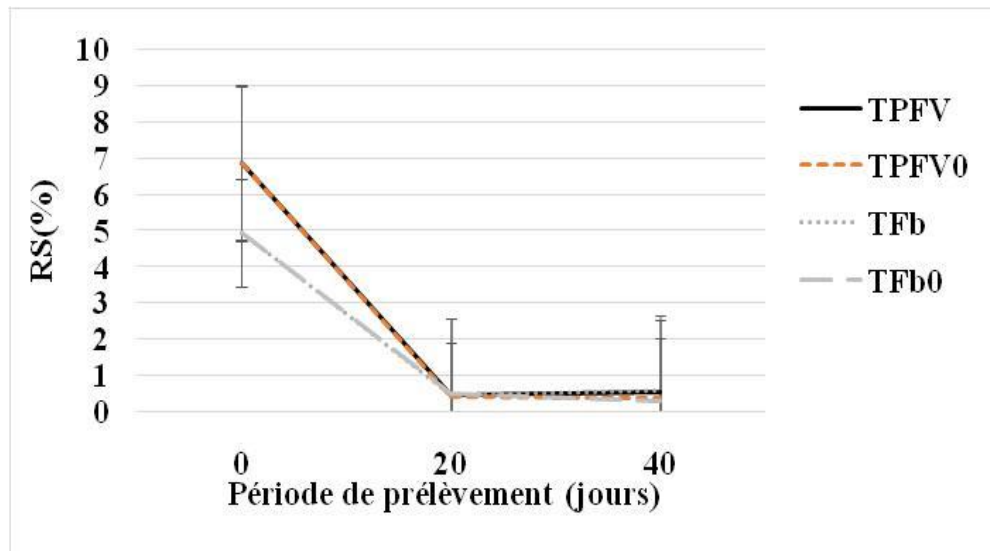


Figure 37. Evolution du résidu sec dans les substrats animaux

L'analyse de la variance (Annexes. III, Tabl.2 et Tabl.4) montre que les variations du pH sont significatives entre les types de substrats et les catégories des vers de terre. Pour le pH, le F calculé qui est de 28,85 est supérieur à F théorique. Pour le facteur temps, la variation du pH a un effet très hautement significatif. Le F calculé (270,95) est supérieur à F théorique (3,40). L'interaction entre les deux facteurs est significative sur le pH, le F théorique est inférieur à F calculé respectivement de l'ordre de 1,83 et 26,15. Pour la CE, la même analyse n'a montré aucun effet significatif entre les types de substrats et les catégories des vers de terre sur les variations du pH. Le F calculé qui est de 2,50 est inférieur à F théorique (2,11). Aussi, la variation de CE a un effet significatif avec le temps. Le F calculé (11,08) est supérieur à F théorique. L'interaction entre les deux facteurs est significative, le F théorique est inférieur à F calculé (2,87). La diminution du degré de salinité (CE) et la charge saline (RS) au premier prélèvement est due peut être au lessivage, ou au changement ionique, notamment anionique au début de la décomposition par minéralisation des fumiers. Au deuxième prélèvement le niveau de salinité reste presque constant, car la décomposition organique est plus avancé, ce qui stabilise la concentration saline et la composition ionique.

2.2.2. Evolution des propriétés biochimiques et chimiques

Les propriétés biochimiques et chimiques suivies sont l'azote total, le carbone organique, le rapport

C/N et l'azote minéral.

2.2.2.1. Azote total

Le taux de l'azote total vari dans le temps dans tous les substratums entre 0,06 % et 0,24 % (Fig. 38). Le niveau azoté a augmenté en générale entre le début et la fin des prélèvements, sauf pour le traitement TFb0. Toutefois, en présence de vers de terre, le taux d'azote devient plus élevé. Il a augmenté dans le fumier bovin de façon régulière en présence des vers de terre (TFb), jusqu'à 0,24 %. Toutefois, le niveau azoté a subi une légère diminution dans le fumier de volaille (TPFV et TPFV0).

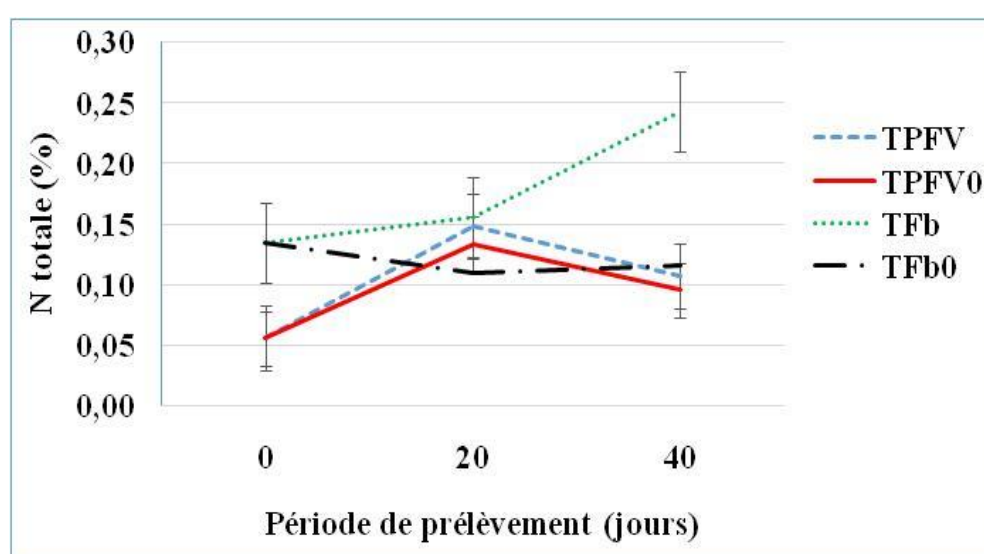


Figure 38. Evolution de l'azote totale dans les substratums animaux

L'analyse de la variance (Annexes III, Tabl. 8) montre que les variations de l'azote total sont significatives entre les types de substratums et les catégories des vers de terre. Le F calculé qui est de 27,52 est supérieur à F théorique. Aussi pour le facteur temps, la variation de l'azote a un effet significatif. Le F calculé est de 16,52 il est supérieur à F théorique (3,40). Ainsi, l'interaction entre les deux facteurs est significative, le F théorique est inférieur à F calculé (10,21). Les résultats montrent que les vers de terre favorisent l'augmentation du taux d'azote total, particulièrement en présence de fumier de bovin. Selon BACHELIER (1978), les vers favorisent la nitrification des matières organiques et augmentent la teneur en azote des sols. En plus, d'après HERGER et *al.*, (2003), les turricules des vers de terre sont riches en azote et dans leurs galeries, environ 40% des micro-organismes fixateurs d'azote. Même les vers morts fournissent une contribution à la fertilité naturelle des sols : un ver de terre mort contient jusqu'à 10 mg d'azote. En absence des vers de terre, les apports organiques seraient minéralisés par les autres animaux présents (peut-être alors plus nombreux), de même que par la microflore, mais cette minéralisation serait certainement plus lente et s'effectuerait différemment (BACHELIER, 1978).

2.2.2.2. Carbone organique

Le taux du carbone organique a diminué avec le temps pour tous les substratums (Fig. 39). Les valeurs sont variées de 2,51 % avec les traitements TFb et TFb0 à 0,62 % avec le traitement TPV. Toutefois, les traitements sans vers de terre présentent un taux plus élevé en carbone organique.

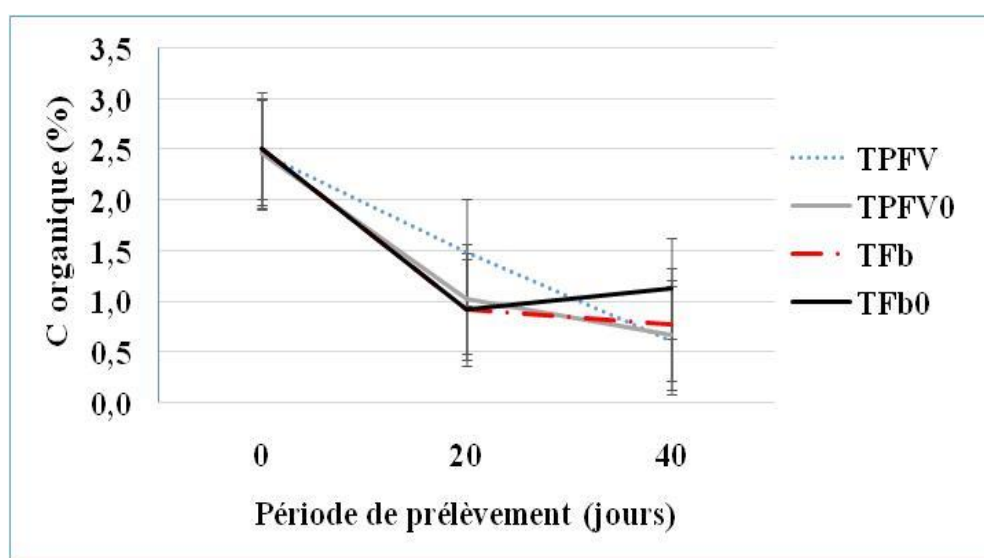


Figure 39. Evolution du carbone organique dans les substratums animaux

L'analyse de la variance (Annexes III, Tab. 6), n'a montré aucun effet significatif des catégories des vers de terre et les types de substratums sur le carbone organique, Le F calculé qui est de 0,86 est supérieur à F théorique. Pour le facteur temps, la variation du carbone organique a un effet hautement significatif. Le F calculé (94,99) est supérieur à F théorique (3,16). Par contre, l'interaction entre les deux facteurs n'a montré aucun effet significatif sur le carbone organique, le F théorique est supérieur à F calculé (1,27). La diminution du taux du carbone pour tous les traitements est due à la minéralisation du carbone. L'effet des vers de terre sur celle-ci est moins important pour les traitements de fumier de volailles, on constate que les vers de terre nécessitent une période plus importante pour dégrader mieux les substratums.

2.2.2.3. Rapport C/N

Le rapport C/N a diminué pour tous les traitements (Fig. 40). Les valeurs variées de 45,87 avec les traitements TPFV0 et TPFV à 3,37 avec le traitement TPFV0. Toutefois, les traitements avec vers de terre présentent une diminution plus importante, surtout pour le fumier de bovin.

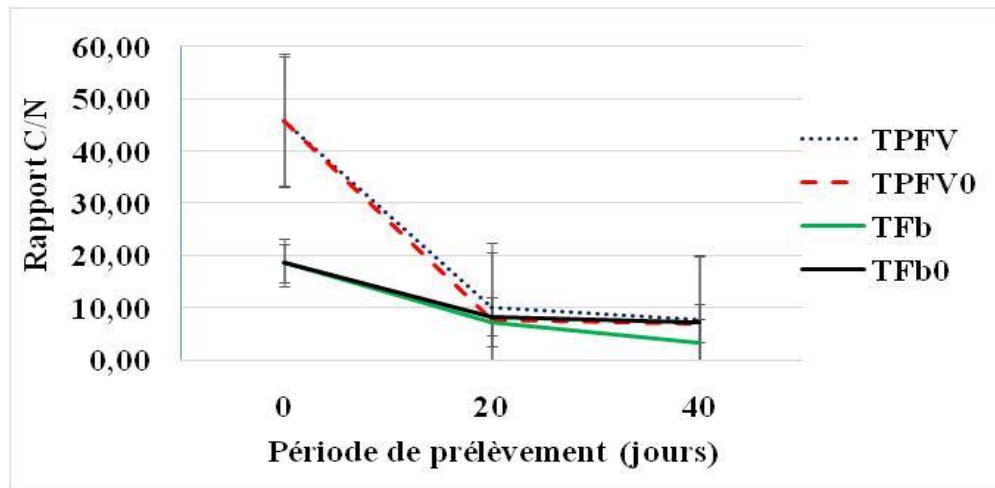


Figure 40. Evolution du rapport C/N dans les substratums animaux

L'analyse de la variance (Annexes. III, Tabl.10) montre que les variations du rapport C/N sont significatives entre les types de substratums et les catégories des vers de terre. Le F calculé qui est de 12,20 est supérieur à F théorique (3,00). Pour le facteur temps, la variation du rapport C/N a un effet hautement significatif. Le F calculé (96,55) est supérieur à F théorique (3,40). Pour l'interaction entre les deux facteurs, elle est significative, le F théorique est inférieur à F calculé (8,55). Au premier prélèvement le rapport subit un chute remarquable par rapport au deuxième prélèvement, ceci est due à l'augmentation de taux de l'azote qui semble important au deuxième prélèvement. Selon LCA (2008 in GIVA, 2011), le rapport est très élevé au début pour tous les traitements, cela signifie que l'activité biologique est réduite, entraînant à une décomposition lente de la matière organique. Au premier prélèvement il y a une bonne décomposition de la matière organique pour tous les traitements ainsi qu'au deuxième prélèvement, en revanche au celle-ci est faible pour le traitement TFb où le rapport C/N indique que la décomposition de la matière organique est rapide (Annexe I, Tabl.5). Pour les matières comme les fumiers frais et les pailles, qui sont pauvres en N et à fort C/N, le carbone est rapidement minéralisé par les microorganismes (40 à 50 % en quelques mois). Cette minéralisation entraîne l'immobilisation d'une partie de l'azote du sol pour la réorganisation microbienne (CHABALIER et *al.*, 2006).

2.2.2.4. Azote minéral

Le taux de l'azote ammoniacal a diminué avec le temps pour tous les traitements (Fig. 41). Les valeurs varient de 67,66 ppm avec les traitements TPFV0, TPFV à 1,167 ppm avec les traitements TFb0. En fin d'essai, La meilleure valeur est enregistrée avec le traitement TFb estimé à 4,66 ppm.

En outre, le taux de l'azote nitrique a subit une diminution (Fig. 42). Celle-ci est de 16,33 ppm pour les traitements TPFV0, TPFV, TFb0 et TFb et 0 ppm pour le traitement TPFV. En fin d'essai, la meilleure valeur est enregistrée en présence de vers de terre dans le traitement TFb est estimée à 4,90 ppm.

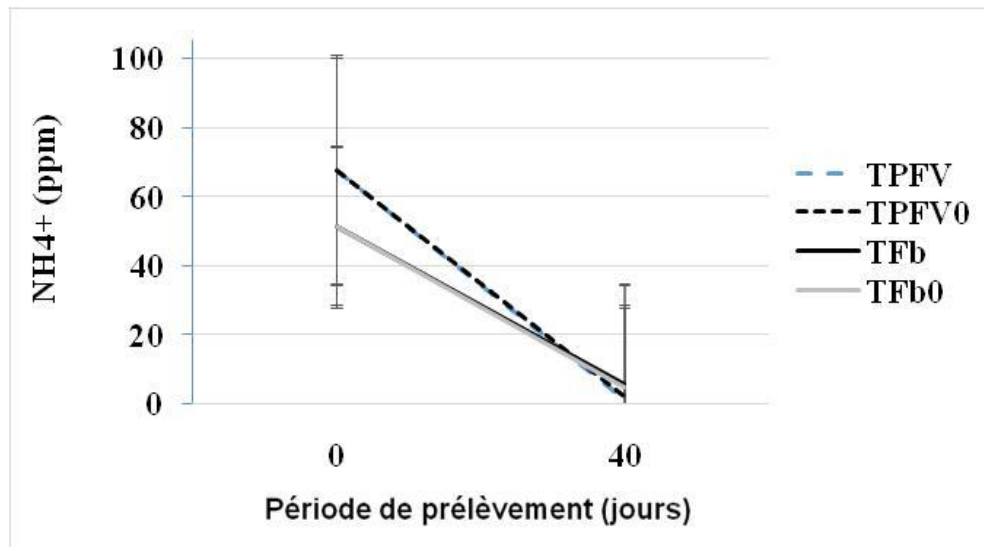


Figure 41. Evolution de l'azote ammoniacale dans les substrats animaux

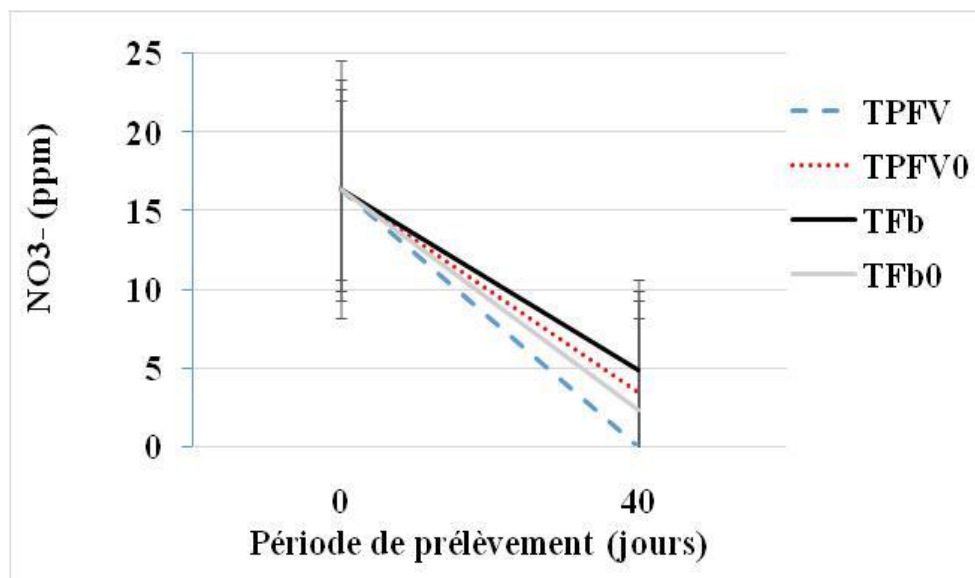


Figure 42. Evolution des nitrates dans les substrats animaux

L'analyse de la variance (Annexes. III, Tabl. 12, Tabl. 14) a révélé un effet significatif des catégories des vers de terre et les types de substrats sur l'azote ammoniacal. Le F calculé est de 7,07. Il est supérieur à F théorique (3,23). Pour le facteur temps, l'analyse a un effet très hautement significatif sur la variation de l'azote nitrique. Le F calculé est supérieur à F théorique respectivement de l'ordre 1602,78 et 4,49. L'interaction entre les deux facteurs est significative, le F théorique est inférieur à F calculé (16,81). Pour l'azote nitrique, cette analyse n'a montré aucun effet significatif entre les types de substrats et les catégories des vers de terre sur les variations de l'azote nitrique. Le F calculé qui est de 0,089 est inférieur à F théorique (3,23). Pour le facteur temps, la variation de l'azote nitrique a un effet très hautement significatif. Le F calculé est de 15,48. Il est supérieur à F théorique (4,49). La même analyse n'a montré

aucun effet significatif sur l'interaction entre les deux facteurs, le F théorique est supérieur à F calculé (0,08).

D'après les études réalisées par BAFUEY et JENNINGS (1959 in BACHELIER., 1978), dans lesquelles ils étudient lombriculture de jeunes *Allolobophora caliginosa* d'un sol renfermant une litière finement broyée, ont observé qu'environ 6,4 % de l'azote non assimilable ingéré par les vers était excrété par eux sous forme assimilable. CHABALIER et al (2006) signalent que l'ammoniac contenu dans une matière organique peut se volatiliser en quantités importantes. Aussi, les nitrates peuvent être perdus par le lessivage ou par dénitrification.

2.3. Mortalité des lombrics au cours des essais

Le taux de mortalité varie de 0 à 38,81 %. Il atteint son maximum dans les traitements des déchets de palmiers-olivier où TPO2 atteint 38,81% (Fig. 42). Par contre, dans les traitements d'origine animale, aucune mortalité n'a été enregistrée où nous constatons une éclosion des œufs de vers de terre.

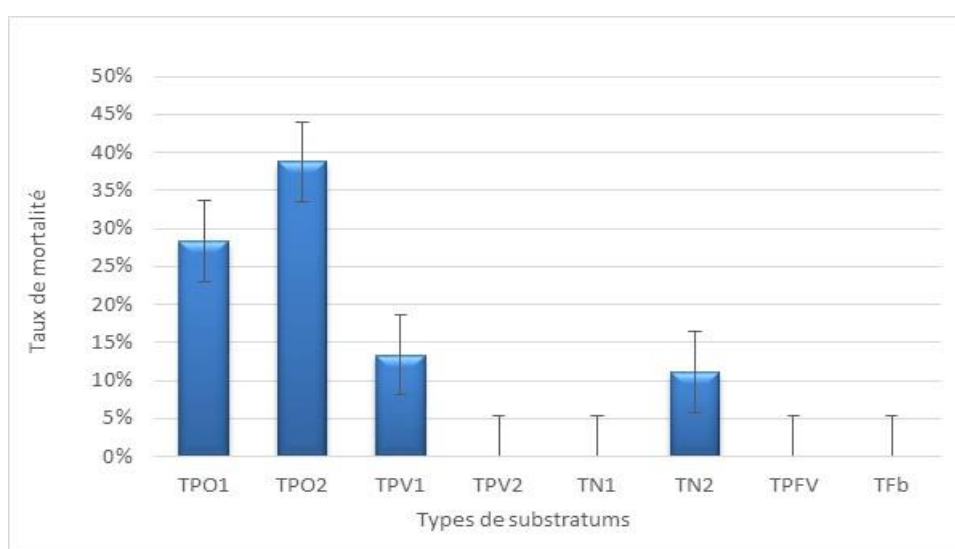


Figure 43. Taux de mortalité des lombrics au cours de l'évolution des substratums

Le taux de mortalité est élevé dans les traitements de substratum d'origine végétale, notamment en présence des feuilles d'olivier. Cela est due peut être à la présence des substances nuisibles pour les vers de terre. De nombreuses feuilles odoriférantes repoussent les vers, car contenant des alcaloïdes amers ou des essences aromatiques nuisibles, telles que les feuilles de sauge, de thym ou de menthe (RAMANN, 1911 in BACHELIER., 1978). Aussi, l'utilisation des lombrics anécique semble plus sensible au composés des déchets d'olivier par rapport au vers épigé, qui selon l'étude de MELGAR et al. (2009), réduisent les teneurs en composés toxiques de poly phénols. Toutefois, la variation du pH au cours de la décomposition par augmentation puis diminution semble produire un stress chez les lombrics, chose constaté par BAZRI (2015) en milieu de pH faibles. Les amendements organiques d'origine animale ont un effet significatif sur

le développement des vers de terre. MISRA *et al.*, (2005), montrent que le fumier rend les vers très actifs. ARNAUD *et al.*, (2011) signalé que, le fumier du cheval est utilisé pour la production des lombriciens et de lombricompost.



Photo 14. Vue de l'enroulement des lombrics en conditions défavorables

3. Conclusion

Les pré-composts bruts de fumier sont inappréciés par les vers de terre utilisés dans nos essais, le rapport idéal pré-compost : sol est de 1 : 4 ; avec ce rapport la durée de résistance dépasse deux mois pour le pré-compost du fumier de bovin et de volaille. A ce stade de recherche nous ne pouvons pas déterminer par exactitude l'agent létale des vers de terre.

A lumière de notre essai, on constate que les lombrics peuvent vivre dans des milieux légèrement alcalins de 7,5 à 8,33 et très salins, (C.E._{e.1:5}) peut attendre le 4 dS/m.

La décomposition de déchets végétaux par les vers de terre a favorisé l'augmentation de la salinité, du pH et la minéralisation de l'azote.

La décomposition de la matière organique par les vers de terre favorise l'augmentation du pH, la diminution de la salinité, la minéralisation du carbone organique ainsi que l'augmentation du taux d'azote total surtout avec le fumier de bovin.

Aux conditions de notre essai, Les substratums d'origine végétale (olivier et palmes) ne sont pas adéquats pour la lombriculture. Par contre les substratums d'origine animale (fumier de bovin et de volailles) semblent être favorables au développement des vers de terre.

Conclusion générale

Au terme de notre étude, nous constatons que le microclimat du périmètre phœnicicole du Ksar de Ouargla semble idéal pour le développement des lombrics. La richesse totale des vers de terre et leur niveau global varient en fonction des conditions édaphique de la région. Les différentes espèces des lombrics sont distribuées dans les sols d'une façon hétérogène dans l'espace et dans le temps, notamment la catégorie écologique et l'âge des individus.

Le teste de viabilité montre que les pré-composts bruts de fumier sont inappréciés par les vers. L'amendement sableux rend le pré-compost du fumier de bovin et de volaille idéal à leur développement quand il arrive à quatre fois l'apport de fumier. A cette proportion, le taux de mortalité devient nul dans les traitements de fumiers de bovin et de volaille. A ce stade de recherche, nous ne pouvons pas déterminer par exactitude l'agent létale des vers de terre.

L'étude de la décomposition des déchets végétaux par les vers de terre a favorisé l'augmentation de la salinité, diminution du pH et la minéralisation de l'azote. Toutefois, la décomposition des fumiers par les lombrics augmente le pH, diminue de la salinité et favorise la minéralisation du carbone organique tous en augmentant le taux d'azote total, particulièrement pour le fumier de bovin. Il ressort de cette étude que les substratums d'origine végétale ne sont pas adéquats pour la lombriculture dans les conditions de notre essai, peut-être ils nécessiteront un pré-compostage pour favoriser leurs dégitions et diminuer ainsi la mortalité des vers de terre enregistré.

Des résultats de nos expérimentations, nous proposons certaines recommandations scientifiques pour améliorer l'action de décomposition des vers de terre, à savoir :

1. Choisir des espèces épigées pour améliorer l'évolution de la matière organique ;
2. Stériliser le sol des palmeraies préalablement avant les essais pour éviter l'éclosion des œufs de vers de terre ;
3. Entreprendre d'autres recherches pour mieux expliquer certains résultats enregistrés, comme :
 - a. La détection des agents responsables de la variation du pH dans lombricompost d'origine végétale ;
 - b. La réalisation d'analyses physico-chimiques, chimique et biochimique complémentaires pour mieux interpréter le rôle des vers de terre dans l'évolution des matières organiques (ex : taux d'humus, éléments minéraux, nature des ions.....) ;
 - c. L'étude de l'impact des caractéristiques hydriques dans les palmeraies d'irrigation (salinité, sodicité et faciès chimique) et de drainage (niveau des eaux, salinité,

sodicité et faciès chimique) ;

- d. L'étude de l'impact des caractéristiques édaphiques sur le comportement des vers de terre, notamment physiques (température, humidité, granulométrie et des obstacles mécaniques), physico-chimiques (salinité, pH, capacité d'échange cationique), chimiques (calcaire, gypse, faciès chimique des sels, éléments nutritifs, sodicité) et biochimiques (M.O., composé humiques, C/N) ;
- e. L'étude des interférences existantes au cours de lombricompostage entre les vers de terre et la pédo-faune ainsi que la pédo-flore.

La présence des vers de terre enregistré à Ouargla, nous encourage à recommander:

1. des études bioécologiques spatio-temporelles à Ouargla et dans d'autres régions sahariennes ;
2. des études sur la valorisation des autres ressources organiques sahariennes ;
3. des études sur la bioremédiation par les vers de terre des eaux usées et des déchets organiques urbains, actuellement pratiquée en Allemagne.

Ces recherches contribuent à approfondir nos connaissances sur les espèces de vers de terre existants et leurs comportements bio-écologiques, afin de procéder à la multiplication par lombriculture. Aussi la valorisation des vers de terre en agriculture biologique et dans la préservation de l'environnement saharien.

Par cette modeste recherche éco-pédologique, qui reste préliminaire, nous espérons que nous avons contribué à la détermination de quelques espèces de vers de terre et à l'étude de lombricompostage. Les résultats obtenus ouvriront la voie pour d'autres travaux futurs et contribueront ainsi au développement durable agronomique et environnemental des régions sahariennes, valorisant les ressources biologiques sans mettre en péril l'équilibre environnemental au Sahara.

Références bibliographiques

A

A.E.M., 2011- Guide du Jardinage Ecologique. Association Echo-Mer, 45 p. (www.echo-mer.com).

ACHOUR S, 2014- L'amélioration des propriétés physiques (stabilité structurale, porosité et humidité) de deux types de sol agricoles par l'introduction des vers de terre (*Lumbricus terrestris*) et de compost de fumier de bovin, 3^{ème} Forum National Agro-Vétérinaire Du 13 au 15 Mai 2014, Univ. IBN KHALDOUN, Tiaret, p : 72.

ARNAUD A., GRELIER P., Karine L E., LECHENET M et LEPEIGNEUL O., 2011- Valorisation du fumier de cheval dans le Languedoc-Roussillon, Montpellier, SupAgro, 90p.

AUBERT G., 1978. Méthodes d'analyses des sols, C.R.D.P., Marseille. 189p.

B

BACHELIER G., 1978- La faune des sols son écologie et son action. O.R.S.T.O.M, Paris, 400 p.

BACSUJLAKY M and HEBERT M., 2013- Composting with worms, University of Alaska Fairbanks, HGA-01020, 4p.

BAIZE D., 2000. Guide des analyses en pédologie choix- expression- présentation- interprétation. Ed. INRA France. 247p.

BALESDENT., 1996- Un poit sur l'évolution des réserves organiques des sols en France, INRA, Paris : 245-260.

BAZRI K E, 2015 - ETUDE DE LA BIODIVERSITE DES LOMBRICIENS ET LEURS RELATIONS AVEC LES PROPRIETES DU SOL DANS DIFFERENTS ETAGES BIOCLIMATIQUES, DANS L'EST ALGERIEN, Th. Doc. Univ. Constantine1, Constantine, 170 p.

BONINS., 2006- Connaissance des sols - Introduction à la pédologie.21p. (<http://www.scribd.com/doc>)

BORDELEAN L.M., 1992- gestion de la matière organique à la ferme, CPVQ, Québec, 34p.

BOUGHABA R., 2014- Etude de la gestion et valorisation des fientes par le lombricompostage dans la willaya de Constantine, Mémoire de Magister, Université de Mentouri, Constantine, 100 p.

BÜTSCHLI M., 1882- Treatise on Zoology - Anatomy, Taxonomy, Biology. The Gregarines

Volume II, France.432p.

C

C.A.R.A.T et F.A.O., 1992- Fertilisation. CERDI, Sénégal, 92p.

CALVET., 2003- Le sol : Propriétés et fonctions tome 1 Constitution, Structure Phénomènes aux interfaces. France Agricole, Paris, 456p.

CHABALIER P F., VAN DE KERCHOVE V ., MACARY H S., 2006 – Le Guide de la fertilisation organique à La Réunion. Chambre d’Agriculture de La Réunion & CIRAD, La Réunion, 304p.

CHAOUI H., 2010- Vermicompostage (ou lombricompostage) : Le traitement des déchets organiques par les vers de terre. N° 10-010, Ontario, 8p.

CHRISTEN M., 2008- Valorisation des sous-produits de la vigne Restitution au sol des sarments par broyage ou après compostage, chambre d’agriculture de la Gironde service vigne & vin, 5 p.

CLUZEAU D., PERES G et THOMAS F., 2004 - L’importance de la biodiversité du sol : le cas du ver de terre. Dossier Vers de terre, extrait de la revue TCS n° 27, Mars / Avril / Mai 2004 : 14-23.

COLLAERT J P., 2009- guide du compostage et du lombricompostage. Terran, Paris. 17p. (<http://www.amisdelaterre.org>)

COUFOURIER N., LECOMTE V., GOFF A L., PIVAIN Y., LHERITEAU M et OUVRY J F., 2008 - Techniques culturales sans labour limiter la formation du ruissellement en sol limoneux. Chambre d’agriculture de la Seine-Maritime & Association Régionale pour l’Etude et l’Amélioration des Sols. Fiche n°8. 4p.

D

D.A.T., 2001-Guide de fertilisation des cultures. Agriculture Pêches et Aquaculture, Canada, 34p.

DADDI BOUHOUN., 2010- Contribution à l’étude de l’impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur 'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (sud-est algérien). Th. Doc. Univ. BADJI Mokhtar, Annaba, 373 p.

DADDI BOUHOUN M., SAKER M L., OULD EL HADJ M D et BRINIS L., 2011-Impact des niveaux des croutes gypseuses sur la dynamique des sels dans les sols irrigués de la cuvette de Ouargla (Sud Est Algérien), 1er Séminaire International sur la Ressource en eau au

Sahara : Evaluation, Economie et Protection. Le 19 et 20 janvier 2011, Univ. KASDI Merbah-Ouargla, p : 433-435.

DADDI BOUHOUN M., SAKER M L., HACINI M., BOUTOUTAOU D and DIDI OULD EL HADJ M., 2013- THE SOIL DEGRADATION IN THE OUARGLA BASIN: A STEP TOWARDS THE DESERTIFICATION OF THE PALM PLANTATIONS (NORTH EAST SAHARA ALGERIA), International Journal of Environment & Water, Vol 2, Issue 1, 2013, p:93-98.

DALLERAC M., 2005- Influence de la fertilisation basique calcique et magnésienne sur la population lombricienne. N°16, Ed : Chambre Syndicale, Paris, p 4.

DARWIN C., 1890- The formation of vegetable mould, through the action of worms, with observations on their habits, New York, Appleton & Company, 348 p.

DJIDEL M., LABAR S., MEDJANI F et BOUAFIA I E., 2013- Etude des changements écologiques des zones humides en milieux désertiques en utilisant l'imagerie LANDSAT et le SIG. International Journal of Environment & Water, Vol 2, Issue 5 : 81- 87.

DJIDEL. M., 2008- Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional, Algérie), Th. Doc., Univ. BADJI Mokhtar, Annaba, 208 p.

DOMÍNGUEZ J., AIRA M et BRANDÓN M. G., 2009- El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. Mayo 2009. AEET: 20-31. (<http://www.researchgate.net>)

DUPLESSIS, 2002 - Le compostage facilité: guide sur le compostage domestique. NOVA Envirocom, Québec. 112 p. (<http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca>)

E

EASTMAN B R., KANE P N., EDWARDS C A., TRYTEK L., GUNADI B., STERMER A L and MOBLEY J R., 2001- The Effectiveness of Vermiculture in Human Pathogen Reduction for USEPA Biosolids Stabilization. Compost Science & Utilization. (2001). Vol. 9, N°: 1: 38-49.

Encyclopédie, 2015 (<http://www.larousse.fr>)

F

FRAB., APABA., 2012- Prophylaxie des Volailles en AB : médecines alternatives, FRAB & apaba. Toulouse, 9p. (<http://www.aveyron-bio.fr>)

G

GAUER M., 2007-Biologie animale. Université Louis Pasteur Strasbourg, Strasbourg. 68p.

PÉRÈS G., CLUZEAU D., CURMI P and HALLAIRE V., 1998- Earthworm activity and soil structure changes due to organic enrichments in vineyard systems, *Biol Fertil Soils* (1998), 27 :417–424.

GIVA G., 2011- Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc-Roussillon: Guide technique en 2 volumes. Chambre d'agriculture Languedoc-Roussillon, Languedoc-Roussillon, P198.

GAZEAU G., 2012- Le Lombricompost. Septembre 2012. Fiche N°24. CRA& PACA. 4p.

H

HADIDA., 2008- Epurer les eaux sans déchets _ les lombrics, c'est fantastique.

(<http://www.scribd.com>)

HAMDI-AÏSSA B., 2001- Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique, minéralogique et variabilité spatiale. Th. Doc. Inst. National Agronomique, Paris-Grignon. 308p.

HERGER P., 2003- regenwürm. Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid, Natur-Museum Luzern. Wolhusen. 49 p.

HIRAOKA H., MISRA R. V et ROY R. N., 2005- Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole, FAO, Rome, 51p.

HOUARI I M., NEZLI I E et BOUREGAA S., 2014- description géologique et géométrique des formations aquifères de la cuvette de Ouargla, *Algerian journal of arid environment*, vol. 4, n° 1, Juin 2014, p: 12-19.

HUBER. G et SCHAUB. C., 2011- La fertilité des sols : L'importance de la matière organique. Service Environnement-Innovation, Chambre d'agriculture. Bas-Rhin. 46 p.

I

I.N.S.I.D., 2008- Le point sur la salinité des sols dans les périmètres irrigués :Risques et

Recommandations (Cas du périmètre irrigué du Bas Cheliff). institut national des sols de l'irrigation et du drainage. Algérie. 17p.

IDDER A., BERKAL I et IDDER T., 2011- effet de l'état de surface des sols arides sur la salinisation des eaux souterraines dans la cuvette de Ouargla (Sahara algérien). 1^{er} Séminaire International sur la Ressource en eau au Sahara : Evaluation, Economie et Protection, le 19 et 20 janvier 2011, Université KASDI Merbah. Ouargla. 4 p.

J

JANDL R et WENZEL W W., 2011- Essentielle Bodenkunde für Landschaftsplaner, 150 p. (<http://bfw.ac.at>)

K

KAABECHE M., 1990- Les groupements végétaux de la région de Bou Saada (Algérie), Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Th. Doc. Univ. Paris-Sud. Orsay. 134 p.

KHADRAOUI A., 2006. Eaux et sols en Algérie, gestion et impact sur l'environnement. 236p.

KHADRAOUI A., 2007- Eau et impact environnemental dans le Sahara algérien : Définition-évaluation et perspectives de développement. ISBN. Alger. 299p.

KÖNIG C., 2007- les vers de terre. Futura-Sciences (www.futura-sciences.com)

L

LABANOWSKI J., 2004- Matière organique naturelle et anthropique : vers une meilleure compréhension de sa réactivité et de sa caractérisation, Th. Doc. Univ. LIMOGES, Limoges, 209 p.

LEPRETTRE S., DOBBELS M., MOUQUOT PH., GAREZ FL., SAYSSET CH., BERNET J.M et MAHIEU P., 2002- Valeurs fertilisantes indicatives des engrais de ferme. CRAA, Décembre 2002. France.6p. (<http://www.landes.chambagri.fr>)

M

M.D.D.E.P., 2012-Bannissement des matières organiques de l'élimination au Québec : état des lieux et prospectives. Direction des matières résiduelles et des lieux contaminés, Service des matières résiduelles, ISBN 978-2-550-64215-2, 76 p.

MAHIR J N., 2003- Méthodes d'analyse des sols, Centre de connaissances, Alexandria, 322 P.

(ماهر ج.ن.، 2003- طرق تحليل الأراضي. منشأة المعارف، الإسكندرية. 322 ص)

MARTIN C., NAIM P., CARION J F et DHOLLAND F., 2011- Les lombriciens : outils de gestion des agro-systèmes. 14 et 15 décembre 2011, ACCES et NANTES, Versailles – Lyon. 27 p.

MATHIEU C., AUDOYE P et CHOSSAT J.C., 2007- Bases techniques de l'irrigation par aspersion. TEC & DOC, Paris, 474 p.

MATHIEU C et PIELTAIN F., 2009. Analyses chimique des sols méthodes choisies. Collaborateurs JEANROY E., MARCOVECCHIO F., SERVAIN F., SOUCHEYRE H. Lavoisier. 389p.

MELGAR R., BENITEZ E and NOGALES R., 2009- Bioconversion of wastes from olive oil industries by vermicomposting process using the epigeic earthworm *Eisenia Andrei*, Journal of Environmental Science and Health Part B, Taylor & Francis Group, LLC. 9 p.

MENARD O., 2005- les ouvrières du sol et les pratiques agricoles de conservation. collection agroenvironnement, CRAAQ, Québec, 6 p.

MISRA R. V., HIRAOKA H et ROY R. N., 2005- Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. FAO .Italie. 51p.

MORIN É., DUSSAULT C et COMTOIS C., 2004 - guide pratique le lombricompostage une façon écologique de traiter les résidus organiques ; éco-quartier & environnement Québec. Québec. 20p.

MOUGHLI L., 2000- Les engrais minéraux caractéristiques et utilisations. Transfert de technologie en agriculture, N° 72, Rabat, 4p.

MORIN A et HOUSEMAN J., 2002- Les animaux: Structures et fonctions, Université d'Ottawa, 8p.

N

NAIGEON C., 2005-lombri- station : Épuration des eaux usées par les lombriciens, Fiches 8, lombri-station, 14 p. (<http://www.susana.org>).

NATURLAND., 2010- Vermikompost hochwertiger Dünger zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, Naturland, Germany. 23 p.

NDIRA V, 2006- Substances humiques du sol et du compost analyse élémentaire et groupements atomiques fictifs : vers une approche thermodynamique. Th. Doc., institut national polytechnique- Toulouse. 271p.

NEZLI I.E., ACHOUR S et DJABRI L., 2007- Approche géochimique des processus d'acquisition de la salinité des eaux de la nappe phréatique de la basse vallée de l'oued m'Ya (Ouargla). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 06, Décembre 2007 :121-134.

NEZLI I.E., ACHOUR S et HAMDI-AÏSSA B., 2009- Approche hydrogéochimique a l'étude de la fluoration des eaux de la nappe du complexe terminal de la basse vallée de l'oued m'Ya (Ouargla) Courrier du Savoir – N°09, Mars 2009, Univ. MOHAMEDKHIDER -Biskra :57-62.

NEZLI I.E et HOUARI I.M., 2013- Géochimie des eaux de la nappe des sables du bassin oriental du Sahara septentrional algérien. Le Séminaire International sur L'Hydrogéologie et l'Environnement 5 -7 Novembre 2013, Ouargla (Algérie), 3 p.

O

O.N.M. 2014. Données métrologique d'Ouargla 2014.

OSBORNE A., 2007- Constructing a Worm Compost Bin. Extension Associate for Environmental and Natural Resource Issues. University of Kentucky. 5p.

OUSTANI M., 2006- Contribution à l'étude de l'influence des amendements organiques (fumier de volailles et fumier de bovins) sur l'amélioration des propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions Sahariennes (Cas de Ouargla). Mémoire de Magister en Agronomie Saharienne, Univ. KASDI MERBAH, Ouargla, 187p.

P

PAVLÍČEK T and CSUZDI., 2005-Earthwormfauna of Jordan - A review. University Press: 183-188. (<http://www.researchgate.net>)

PELOSI. C, 2008., Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre *lumbricus terrestris* au champ contribution à l'étude de l'impact de systèmes de culture sur les

communautés lombriciennes. Th. Doc., Ecole doctoral. ABIES. Paris.141 p.

PERES G., 2003- Identification et quantification in situ des interactions entre la diversité lombricienne et la macro-bioporosité dans le contexte polyculture breton. Influence sur le fonctionnement hydrique du sol, Th. Doc. Univ. RENNES 1. France.254p.

PERES G., CLUZEAU D., HOTTE H et DELAVEAU N., 2011- Les vers de terre. UMR 6553. EcoBio. Fiche outil F2. Univ. Rennes 1, France, 4 p.

PETIT J. et JOBIN P., 2005- La fertilisation organique des cultures. FABQ, Québec, 49p.

PIFFNER L., MESSERLI N., BAUCHHENS J., 2007- Bodenfruchtbarkeit Bodenlebewesen Regenwurm – so lebt er, FiBL & Liebegg, Gränichen. 2p.

PIFFNER L, 2013 - Regenwürmer baumeister fruchtbarer böden. FiB .Schweiz. 6p.

R

RAMADE F., 1984 – Éléments d'écologie : Écologie fondamentale. Mc Graw-Hill. Paris. 379 p.

RICHERT A, GENSCH R, JÖNSSON H, STENSTRÖM T.A et DAGERSKOG L, 2011- Conseils pratiques pour une utilisation de l'urine en production agricole. Stockholm Environment Institute & EcoSanResSeries. Stockholm. p 61.

S

S.A.O., 2014 - Subdivision de l'agriculture de la daïra de Ouargla

SAUREL B., BISPO A., BLANCHART E., CHENU C et FEIX I., 2010 - La vie cachée des sols : L'élément essentiel d'une gestion durable et écologique des milieux. Octobre 2010. Programme GESSOL, France, 19 p.

SCHMUTZ R., 2013- Vers de terre architectes des sols fertiles. N°1619. FiBL, Suisse,6 p.

SOCO., 2009- Réduction du taux de matière organique, l'agriculture durable et la conservation des sols, Mai 2009, N°: 3, 4p.

SOLTNER., 2005- Les bases de la production végétale: tome 1 le sol et son amélioration. SOLTNER , 472 p.

SUDHIR D., MAHAVASH F., SANTOSH M., SUMUKH S., GAUTAM S and ANGELA V., 2010- Application of vermi-filter-based Effluent Treatment Plant (Pilot scale) for

Biomangement of Liquid Effluents from the Gelatine Industry, Global Science Books, 83-86p.

T

TITRAWI M., OMRANI M et RZIGE S., 2006- [Etude bioécologique et taxonomique des vers de terre oligochètes dans la région d'El Kouba], école normale supérieure de Kouba, Algérie. 70p.

(تيطراوي م. عمراني م . رزيق س. ، 2006- الدراسة الايكوبولوجية و التصنيفية لديدان الأرض قليلات الأهداب المتواجدة في منطقة القبلة. المدرسة العليا للأساتذة، الجزائر. 70 ص.)

TREMBLAY N., 2014- Exploitation et élevage des vers de terre pour le marché des appâts vivants. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation , Québec, 12 p.

V

VIGOT M et CLUZEAU D, 2014., Les vers de terre. Chambre d'Agriculture de la Vienne. Vienne. 10p.

W

WERTHEIM F., 2012- Worm Composting. University of Maine Cooperative Extension. États-Unis. 2p.

Z

ZAHROUNA A., 2011- ressources en eau du système aquifère du Sahara septentrional (SASS). 1er Séminaire International sur la Ressource en eau au Sahara : Evaluation, Economie et Protection, Ouargla : 73-76.

Annexe

Annexe. I

Tableau 1. Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 (AUBERT, 1978).

CE dS/m à 25°C	Degrés de salinité
$CE \leq 0,6$	Sols non salés
$0,6 < CE \leq 1,2$	Sols peu salés
$1,2 < CE \leq 2,4$	Sols salés
$2,4 < CE \leq 6$	Sols très salés
$CE > 6$	Sols extrêmement salés

Tableau 02. Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux de pate saturée (AUBERT, 1978).

CE (millimhos/cm)	Degré de salinité
$CE < 2$	Sol non salé
$2 < CE < 4$	Sol peu salé
$4 < CE < 8$	Sol salé
$8 < CE < 20$	Sol très salé
$CE > 20$	Sol extrêmement salé

Tableau 03. Echelles d'interprétation de Calcaire Total (BAISE, 2000).

CaCO ₃ (%)	Sol
$CaCO_3 < 1\%$	Non calcaire
$1 < CaCO_3 < 5\%$	Peu calcaire
$5 < CaCO_3 < 25\%$	Modérément calcaire
$25 < CaCO_3 < 50\%$	Fortement calcaire
$50 < CaCO_3 < 80\%$	Très fortement calcaire
$CaCO_3 > 80\%$	Excessivement calcaire

Tableau 04. SAR et degrés d'alcalinisation des sols (SERVANT, 1975).

SAR	Degrés d'alcalinisation
$SAR \leq 4$	Pas d'alcalinisation
$4 < SAR \leq 8$	Faible alcalinisation
$8 < SAR \leq 12$	Alcalinisation moyenne
$12 < SAR \leq 18$	Alcalinisation forte
$SAR > 18$	Alcalinisation intense

Tableau 05. Classement des sols en fonction de leur rapport C/N LAC (2008 in CALVET, 2003)

$C/N < 6$	Très faible	Sol à décomposition rapide de la matière organique.
$6 < C/N < 8$	Faible	
$8 < C/N < 11$	Normal	Bonne décomposition de la matière organique.
$11 < C/N < 12$	Légèrement élevé	
$12 < C/N < 14$	Elevé	Sol d'activité biologique réduite ramenant à une décomposition lente de la matière organique.
$C/N > 14$	Très élevé	

Tableau 06. Echelles d'interprétation de $pH_{e1.5}$ (AUBERT, 1978).

$pH_{e1.5}$	Classe de réaction du sol
$pH < 4,5$	extrêmement acide
$4,5 < pH < 5$	Très fortement acide
$5,1 < pH < 5,5$	Fortement acide
$5,5 < pH < 6$	Moyennement acide
$6 < pH < 6,5$	Légèrement acide
$6,6 < pH < 7$	Très légèrement acide
$7,1 < pH < 7,5$	Très légèrement alcalin
$7,6 < pH < 8$	Légèrement alcalin
$8,1 < pH < 8,5$	Moyennement alcalin
$pH > 8,5$	Très fortement alcalin

Tableau 07. Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'eau d'irrigation (DURAND et SIMONNEAU, 1960)

C1 — $CE < 250$: eaux faiblement salines utilisables pour l'irrigation de tous les sols, sans précautions spéciales.
C2 — $250 < CE < 750$: eaux a salinité moyenne, utilisables avec un lessivage modéré. Les plantes modérément tolérantes aux sels ne demandent pas de pratique spéciale.
C3 — $750 < CE < 2250$: eaux a forte salinité, inutilisables dans les sols a drainage insuffisant; les plantes cultivées devront être tolérantes aux sels.
C4 — $2250 < CE < 5000$: eaux a très forte salinité ne convenant pas normalement pour l'irrigation; dans certaines conditions elles peuvent être utilisées en mettant en oeuvre des pratiques spéciales.
C5 — $5.000 < CE < 20.000$: eaux a salinité exagérée, utilisables exceptionnellement pour certaines cultures.
$CE > 20.000$ toutes les eaux sont inutilisables sans traitement spécial.

CE est exprimée en micromhos par cm/cm a 25° C

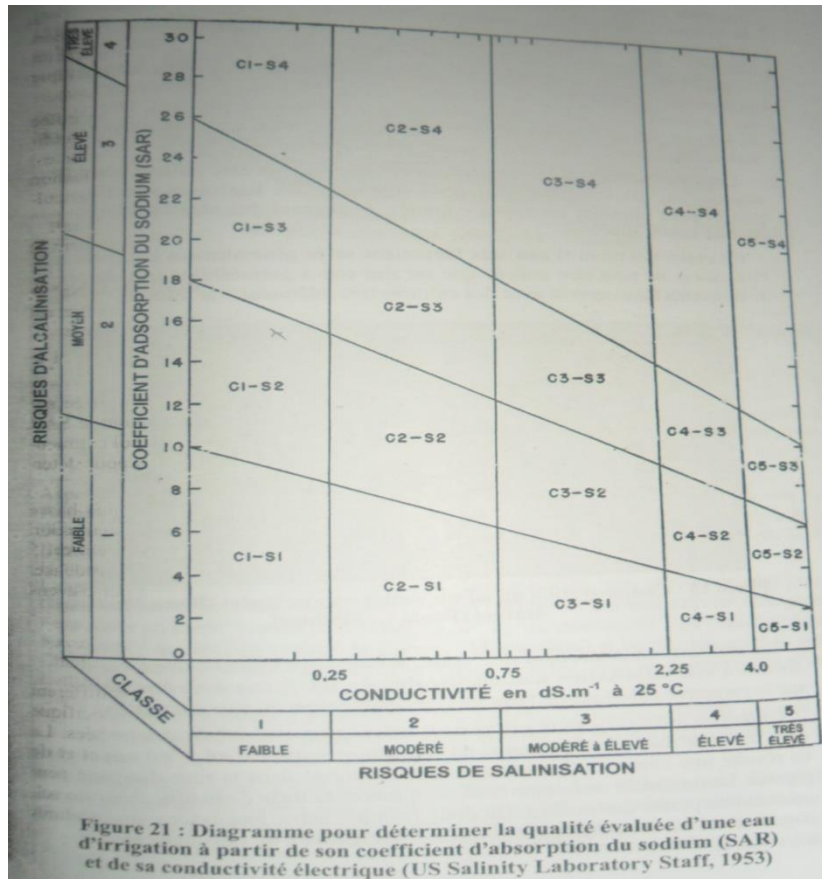


Figure 1. Diagramme pour déterminer la qualité évaluée d'une eau d'irrigation (MATHIEU et *al.*, 2007)

Annexe. II



Photo 1. Substratums (50% fumier :50% palme)



Photo 2. Pré-compost du fumier de volailles



Photo 4. Turricules de lombric



Photo3. Vers juvéniles



Photo 5. Localisation des vers dans le profil



Photo 7. Espèces capturés



Photo 8. Lombri-compost d'origine végétale



Photo 5. Réalisation de l'extrait 1/5



Photo6. Réalisation du résidu sec

Annexe. III

Tableau1. ANALYSE DE VARIANCE (pH)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Vers de terre					
Substratums	4,33432099	8	0,54179012	69,6587302	2,11522328
Temps	2,59283951	2	1,29641975	166,68254	3,16824597
Interaction	1,70938272	16	0,10683642	13,7361111	1,83462945

Tableau2. ANALYSE DE VARIANCE(PH)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Vers de terre					
Substratums	0,48083333	3	0,16027778	28,85	3,00878657
Temps	3,01055556	2	1,50527778	270,95	3,40282611
Interaction	0,87166667	6	0,14527778	26,15	2,50818882

Tableau3. ANALYSE DE VARIANCE(CE)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Vers de terre					
Substratums	4,17422751	8	0,52177844	72,4874053	2,11522328
Temps	17,1435923	2	8,57179616	1190,82587	3,16824597
Interaction	12,6692233	16	0,79182646	110,003483	1,83462945

Tableau4. ANALYSE DE VARIANCE (CE)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Vers de terre					
Substratums	0,53379247	3	0,17793082	2,50971857	3,00878657
Temps	1,5721301	2	0,78606505	11,0874665	3,40282611
Interaction	1,22425496	6	0,20404249	2,87802428	2,50818882

Tableau5. ANALYSE DE VARIANCE (carbone organique)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Vers de terre					
substratums	84,5107358	8	10,563842	136,588322	2,11522328
Temps	43,1535284	2	21,5767642	278,983159	3,16824597
Interaction	66,5727383	16	4,16079614	53,7982453	1,83462945

Tableau6. ANALYSE DE VARIANCE (carbone organique)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Vers de terre					
substratums	0,25553333	3	0,08517778	0,86389632	3,00878657
Temps	18,7324222	2	9,36621111	94,9946753	3,40282611
Interaction	0,7554	6	0,1259	1,27691224	2,50818882

Tableau7. ANALYSE DE VARIANCE (Azote total)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Vers de terre					
Substratums	0,149642951	8	0,018705369	78,82410523	2,115223279
Temps	0,127306065	2	0,063653033	268,2327929	3,168245967
Interaction	0,088962513	16	0,005560157	23,43040685	1,834629446

Tableau8. ANALYSE DE VARIANCE(Azote total)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Vers de terre					
substratums	0,03757539	3	0,01252513	27,5204329	3,00878657
Temps	0,01504447	2	0,00752223	16,527984	3,40282611
Interaction	0,02789165	6	0,00464861	10,2140016	2,50818882

Tableau9. ANALYSE DE VARIANCE (C/N)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Vers de terre					
Substratums	7835,35118	8	979,418898	9,70511333	2,11522328
Temps	11739,7382	2	5869,86912	58,1648416	3,16824597
Interaction	25981,0944	16	1623,8184	16,0905019	1,83462945

Tableau10. ANALYSE DE VARIANCE (C/N)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Vers de terre					
Substratums	943,514557	3	314,504852	12,2002686	3,00878657
Temps	4978,0304	2	2489,0152	96,5538487	3,40282611
Interaction	1322,45476	6	220,409126	8,55010828	2,50818882

Tableau11. ANALYSE DE VARIANCE (N nitrique)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Vers de terre					
Substratums	585,731481	8	73,2164352	4,19155844	2,20851807
Temps	1242,24074	1	1242,24074	71,1168831	4,11316522
Interaction	444,175926	8	55,5219907	3,17857143	2,20851807

Tableau12. ANALYSE DE VARIANCE (N nitrique)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Vers de terre					
Substratums	19,355	3	6,45166667	0,08936652	3,23887152
Temps	1117,935	1	1117,935	15,4852941	4,49399842
Interaction	19,355	3	6,45166667	0,08936652	3,23887152

Tableau13. ANALYSE DE VARIANCE(N ammoniacal)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Vers de terre					
Substratums	338,009259	8	42,2511574	0,5382948	2,20851807
Temps	45124,463	1	45124,463	574,901734	4,11316522
Interaction	163,787037	8	20,4733796	0,26083815	2,20851807

Tableau 14.ANALYSE DE VARIANCE (N ammoniacal)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Vers de terre					
substratums	249,083333	3	83,0277778	7,07246377	3,23887152
Temps	18816	1	18816	1602,78261	4,49399842
Interaction	592,083333	3	197,361111	16,8115942	3,23887152

Glossaire

A.E.M : Association Echo-Mer

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

Apaba : Association pour la promotion de l'agriculture biologique en Aveyron

C /N : Carbone/ Azote

C.A.R.A.T: Centre d'appui pour le recyclage des agents techniques

CASM : Chambre d'agriculture de la Seine-Maritime

CE.e1:5: Conductivité électrique

CI : Le Continental Intercalaire (CI)

CRALR : Chambre Régionale d'Agriculture Languedoc-Roussillon

CT : Le Complexe Terminal (CT)

D.A.T : Direction de l'aménagement des terres

F.A.O : Food and agriculture organisation

FRAB : Fédération régionale des agriculteurs biologiques

I.N.S.I.D : Institut National des Sols de L'Irrigation et du Drainage

M.D.D.E.P : Ministère du développement durable, de L'environnement et des parcs

ONM : Office national de la métrologie de Ouargla

pH.e1:5 : pH de extrait 1:5 des sols

RS : résidus secs

S.A.O: subdivision de l'agriculture de la daïra de Ouargla

SOCO : Sustainable agriculture and soil conservation

Lexiques

Français	Allemand	Anglais
Vers de terre	Regenwürmer	Earthworms
Compost	Kompost	Compost
Mucus	Schleim	Mucus
Lombricompost	Wurmkompost	vermicompost
Cocon	Kokon	Cocoon
Matière organique	Material organisch	organic matter
Lombriculture	-	Vermiculture
Sol	Boden	Soil
Reproduction	Fortpflanzung	Reproduction
Lombricompostage	Vermicomposting	vermicomposting
Fumier	Dünger	Manure
fertilité du sol	Bodenfruchtbarkeit	soil fertility
engrais de haute qualité	hochwertiger Dünger	high-quality fertilizer
engrais	Dünger	Fertilizer
Organismes du sol	Bodenlebewesen	soil organisms

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumés

Introduction

1

PARIE I: Synthèse bibliographique CHAPITRE I. Biologie des lombrics

3

1. Systématique

3

2. Anatomie externe

3

2.1. Taille

4

2.2. Coloration

4

2.3. Soie

4

2.4. Tête

5

2.5. Pores dorsaux

5

2.6. Caractères sexuels externes

5

3. Anatomie interne

5

3.1. Glande de Morren

5

3.2. Cellules neuro-sécrétrices

6

4. Critères de détermination des espèces

8

5. Biologie

8

5.1. Reproduction et longévité

8

5.2. Cycle des activités

11

5.3. Nutrition

11

5.4. Respiration

12

6. Prédateurs et parasites des vers

12

7. Impacts des facteurs abiotiques sur les lombrics

12

7.1. Facteurs hydriques

12

7.2. Facteurs édaphique

13

7.2.1. Température

13

7.2.2. Texture

13

7.2.3. pH

13

7.2.4. Salinité

14

7.2.5. Calcium

14

8. Impact des lombrics sur sol

14

8.1. Physique du sol

14

8.1.1. Stabilité structurale des sols

14

8.1.2. Différenciation des profils

15

8.1.3. Texture

15

8.1.4. Porosité et la capacité de rétention d'eau

16

8.2. Chimie du sol

16

8.2.1. pH des sols

17

8.2.2. Processus d'humification

17

8.2.3. Eléments nutritifs

17

8.3. Biologie des sols	18
8.3.1. Flores des rejets	18
8.3.2. Contenu enzymatique	19
CHAPITRE II. Les matières organiques	20
1. Matières organiques	20
2. Origine et formes des matières organiques	20
2.1. Origine des matières organiques	20
2.2. Forme des matières organiques du sol	20
3. Amendements organiques	21
3.1. Fumiers	21
3.2. Compost	22
3.3. Engrais verts	23
4. Evolution des matières organiques	23
4.1. Minéralisation primaire	24
4.2. Humification	24
4.3. Minéralisation secondaire	25
5. Facteurs de dégradation de la matière organique	25
5.1. Facteur abiotique	25
5.1.1. Température	25
5.1.2. Equilibre air/eau	26
5.1.3. pH du sol	26
5.1.4. Salinité	26
5.2. Facture biotique	26
5.2.1. Nature de la matière organique	26
5.2.2. Les organismes vivants	27
6. Effets de la matière organique	27
6.1. Effets sur les sols	27
6.1.1. Effets sur les propriétés physiques	27
6.1.2. Effets sur les propriétés physicochimiques et chimiques	28
6.2. Effets sur les organismes du sol	28
6.3. Effets sur les végétaux	29
Chapitre III. Présentation de la région de Ouargla	30
1. Situation géographique	30
2. Climat	31
2.1. Températures	31
2.2. Précipitations	32
2.3. Humidité relative	32
2.4. Evaporation	32
2.5. Vents	32
3. Classification de climat	32
3.1. Diagramme d'ombrothermique du Gaussen	33
3.2. Climmagrame d'Emberger	33
4. Sol	34
5. Hydrogéologie	35
5.1. Nappe phréatique	35
5.2. Nappe du complexe terminal	35
5.2.1. Mio-Pliocène	36

5.2.2. Sénonien	36
5.3. Nappe Albienne	36
PARIE II : Matériels et méthodes	
CHAPITRE IV. Matériels d'étude	
1. Choix de la zone d'étude	37
2. Choix de la palmeraie d'étude	37
3. Matériel expérimental	37
3.1. Vers de terre	38
3.2. Sol	38
3.3. Eau d'humidification	38
3.4. Amendements organiques	38
CHAPITRE V. Méthodologie d'étude	
1. Approche méthodologique	39
1.1. Enquête	41
1.1.1. Prospection sur terrain	41
1.1.2. Localisation des palmeraies	41
1.1.3. Echantillonnage des vers de terre	42
1.1.4. Echantillonnage du sol	42
1.2. Etude des vers de terre	42
1.2.1. Identification des espèces	43
1.2.2. Etude bométrique	42
1.2. Caractérisation du milieu de culture des vers de terre	42
1.2.1. Caractérisation édaphique	43
1.2.2. Caractérisation physicochimique de l'eau de l'essai	43
1.2.3. Caractérisation de l'amendement organique	43
1.3. Installation du dispositif expérimental	43
1.3.1. Essai sur fumiers	43
1.3.1.1. Test de viabilité des vers de terre	44
1.3.1.2. Mise en place de l'essai	45
1.3.1.3. Etude de l'évolution de la matière organique	47
1.3.1.4. Viabilité des vers de terre	47
1.3.2. Essai sur les déchets végétaux	47
1.3.2.1. Mise en place de l'essai	48
1.3.2.2. Etude de l'évolution de la matière organique	51
1.3.2.3. Viabilité des vers de terre	51
2. Méthodes d'analyses du sol et de substratums	51
2.1. Granulométrie	51
2.2. pH e.1:5	51
2.3. Conductivité électrique (CE e.1:5)	52
2.4. Résidus secs	52
2.5. Dosage de l'azote	52
2.5.1. Dosage de l'azote total	52
2.5.2. Dosage de l'azote minéral	52
2.6. Dosage du carbone organique	52
2.7. Dosage du calcaire total	52
2.8. Analyse des résultats	53

PARIE III : Résultats et discussion

CHAPITRE VI. Etude bioécologiques des vers de terre	54
1. Etude biologique	54
1.1. Localisation des vers de terre en palmeraies	54
1.2. Identification des espèces de la famille Lumbricidae	55
1.2.1. Genre Lumbricus	55
1.2.2. Genre <i>Allolobophora</i> ou <i>Aporrectodea</i>	56
1.3. Etude biométrique des vers de terre	59
1.3.1. Niveau global des différents types de lombrics	59
1.3.2. Richesse totale	61
2. Etude écologique des vers de terre	62
2.1. Conditions hydriques	62
2.2. Conditions édaphique	64
2.2.1. Caractérisation des sols des palmeraies	64
2.2.2. Caractérisation du sol de lombricompost	66
2.2.3. Caractérisation des amendements organiques	66
3. Conclusion	67
CHAPITRE VII. Etude de l'évolution des matières organiques	68
1. Tolérance des lombrics aux substratums	68
1.1. Résistance des vers de terre	68
1.2. Variabilité physico-chimique des substratums	72
2. Impact des lombrics sur l'évolution des matières organiques	74
2.1. Evolution des substratums d'origine végétale	74
2.1.1. Evolution des propriétés physico-chimiques	74
2.1.2. Evolution des propriétés biochimiques et chimiques	75
2.1.2.1. Azote total	75
2.1.2.2. Carbone organique	78
2.1.2.3. Rapport C/N	79
2.1.2.4. Azote minéral	80
2.2. Evolution des substratums d'origine animale	82
2.2.1. Evolution des propriétés physico-chimiques	84
2.2.2. Evolution des propriétés biochimiques et chimiques	85
2.2.2.1. Azote total	85
2.2.2.2. Carbone organique	86
2.2.2.3. Rapport C/N	86
2.2.2.4. Azote minéral	87
2.3. Mortalité des lombrics au cours des essais	89
3. Conclusion	90
Conclusion générale	91
Références bibliographiques	93
Annexes	110
Glossaire	120
Lexiques	121
Table des tableaux	125
Table des figures	125
Table des photos	127

Table des tableaux

Tableaux I. Composition analytique de quelques types de fumier (PETIT et JOBIN, 2009)	22
Tableaux II. Composition analytique de quelques types de compost (PETIT et JOBIN, 2009 ; HUBER et SCHAUB, 2011)	23
Tableau III. Données climatiques moyens de la région d'Ouargla entre 2003 et 2013 (ONM, 2013)	31
Tableau IV. Rapport du substratum pour le test de viabilité	45
Tableau V. Espèces capturés	55
Tableau VI. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau utilisée	63
Tableau VII. Caractéristiques physico-chimique du sol	66
Tableau VIII. Caractéristiques physico-chimiques des amendements organiques	67

Table des figures

Figure 1. Région antérieure de <i>Lumbricus terrestris</i> (STEPHENSON in BACHELIER, 1978)	6
Figure 2. Disposition des soies chez les vers de terre (BACHELIER, 1978)	6
Figure 3. Schémas des divers types de tête des vers oligochètes (TETRY, 1939 in BACHELIER, 1978)	7
Figure 4. Système nerveux des vers de terre (MORIN et HOUSEMAN, 2002)	7
Figure 5. Schéma de la coupe transversale d'un lombric (MORIN et HOUSEMAN, 2002)	8
Figure 6. Les organes reproducteurs (GAUER, 2007)	10
Figure 7. La reproduction chez le lombric (GAUER, 2007)	10
Figure 8. Evolution des matières organiques dans sol (BONIN, 2006)	24
Figure 9. Situation géographique de la région d'étude (Encyclopédie, 2015)	30
Figure 10. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGOULS (1953) appliqué à la région de Ouargla (2003 -2013)	33
Figure 11. Etage bioclimatique de Ouargla	34
Figure12. Approche méthodologique d'étude	40
Figure 13. Dispositif expérimentale de test de viabilité	45
Figure 14. Éléments composants de l'essai	46
Figure 15. Dispositif expérimentale de l'essai sur fumiers	47
Figure 16. Dispositif expérimentale de l'essai sur végétale	51
Figure 17. Distribution des vers de terre dans le sol des palmeraies	54
Figure 18. Variation du niveau globale des espèces dans les palmeraies d'échantillonnages	60
Figure 19. Variation de richesse totale (S) en fonction du mois dans les trois palmeraies	61
Figure 20. $pH_{e.1:5}$ Moyen des sols des palmeraies	64
Figure 21. $C.E_{e.1:5}$ Moyennes du sol dans les palmeraies	65
Figure 22. Taux de mortalité dans les traitements substratum-sol	69
Figure 23. Durée de résistance des vers de terre en T0 et T1	69
Figure 24. Durée de résistance des vers de terre en T3	69
Figure 25. Evolution du $pH_{e.1:5}$ dans les traitements substratum-sol	71
Figure 26. Evolution de la $C.E_{e.1:5}$ dans les traitements substratum-sol	71

Figure 27. Evolution du pH _{e.1:5} dans les substratums végétaux	73
Figure 28. Evolution de la C.E. _{e.1:5} dans les substratums végétaux	73
Figure 29. Evolution de Résidu sec dans les substratums végétaux	74
Figure 30. Evolution de l'azote total dans les substratums végétaux	75
Figure 31. Evolution de taux du carbone organique dans les substratums végétaux	77
Figure 32. Evolution du rapport C/N dans les substratums végétaux	78
Figure 33. Evolution de l'azote ammoniacal dans les substratums végétaux	80
Figure 34. Evolution de l'azote nitrique dans les substratums végétaux	80
Figure 35. Evolution du pH _{e.1:5} dans les substratums animaux	82
Figure 36. Evolution de la C.E. _{e.1:5} dans les substratums animaux	82
Figure 37. Evolution du résidu sec dans les substratums animaux	83
Figure 38. Evolution de l'azote totale dans les substratums animaux	84
Figure 39. Evolution du carbone organique dans les substratums animaux	85
Figure 40. Evolution du rapport C/N dans les substratums animaux	86
Figure 41. Evolution de l'azote ammoniacale dans les substratums animaux	87
Figure 42. Evolution des nitrates dans les substratums animaux	88
Figure 43. Taux de mortalité des lombrics au cours de l'évolution des substratums	89

Table des photos

Photo 1. L'accouplement chez les lombrics TREMBLAY (2014)	10
Photo 2. Image satellitaire Google de la zone d'échantillonnage au Ksar	37
Photo 3. Image satellitaire Google des sites d'échantillonnage au Ksar	41
Photo 4. Fosse d'échantillonnage des vers de terre	42
Photo 5. Description de l'essai (déchets animaux)	47
Photo 6. Substratums d'origine végétale (déchets d'oliviers et de palmes)	49
Photo 7. Description de l'essai (déchets végétaux)	50
Photo 8. Aspect morphologique de <i>Lumbricus terrestris</i>	57
Photo 9. Aspect morphologique de <i>Lumbricus rubellus rubellus</i>	57
Photo 10. Aspect morphologique d' <i>Aporrectodea longa</i>	58
Photo 11. Aspect morphologique d' <i>Allolobophora icterica</i>	58
Photo 12. Localisation des vers juvéniles dans le profil	60
Photo 13. Toxicité des vers par le pré-compost brut	70
Photo 14. Vue de l'enroulement des lombrics en conditions défavorables	90