



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université de Tébessa



Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la vie

Département de biologie des êtres vivants

**MEMOIRE DE MASTER**

**Domaine :** Sciences de la nature et de la vie (SNV)

**Filière :** Ecologie et environnement

**Option :** Ecologie

## Thème

# Contribution à l'étude des oligochètes terrestres à Tébessa

Présenté par :

**Saadi Mohamed Lamine**

**Menasria Said**

Devant le jury :

<b>M. Hannachi Mohamed Salah</b>	MCB	Université de Tébessa	Président
<b>M. Bouazdia Karim</b>	MAA	Université de Tébessa	Rapporteur
<b>Mme. Bouguessa Linda</b>	MCB	Université de Tébessa	Examinatrice

Date de soutenance : 31 /05 /2018

Année universitaire  
2017 - 2018

صلاة الاضلاع

**Résumé :**

Cette étude a pour but d'étudier la classification des vers de terre de Tébessa. Des inventaires ont été faits dans deux régions différentes (Gourigueur et Negrine) entre janvier et mai 2018. Les sites d'échantillonnages ont été choisis en combinant la pédologie, le climat et l'accessibilité. En utilisant la méthode physique, les vers de terre collectés ont été conservés dans de l'alcool à 70°. La taxonomie des vers de terre s'est faite sur des caractères morphologiques.

Les résultats de l'étude taxonomique du peuplement lombricien de notre région, ont révélé que les vers échantillonnés appartiennent à la famille Lumbricidae, correspondant à 03 espèces : *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Eiseniella tetraedra*.

L'espèce dominante au niveau des deux sites d'étude est *A. caliginosa* (93,33% à Gourigueur et 60% à Negrine).

La densité et la biomasse des vers de terre évaluées dans nos terrains d'étude atteignent un maximum au site de Negrine comme suit : 43,41 g/m<sup>2</sup>, 116 individus/m<sup>2</sup>.

La moyenne des juvéniles, dans les deux sites, est supérieure à celle des sub-adultes et des adultes (74% de juvéniles contre 16,66 % d'adultes à Negrine et 80,57% de juvéniles contre 13,71% d'adultes à Gourigueur).

**Mots clés :** Vers de terre, Taxonomie, Biomasse, Densité, Gourigueur, Negrine

## Abstract

The purpose of this study is to study the classification of Tebessa earthworms. Inventories were conducted in two different regions (Gourigueur and Negrine) between January and May 2018. The sampling sites were chosen by combining pedology, climate and accessibility. Using the physical method, the collected earthworms were kept in 70 ° alcohol. The taxonomy of earthworms was done on morphological characters.

The results of the taxonomic study of the earthworm population in our region revealed that sampled worms belong to the family Lumbricidae, corresponding to 03 species: *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Eiseniella tetraedra*.

The dominant species at the two study sites is *A. caliginosa* (93.33% in Gourigueur and 60% in Negrine)

The density and biomass of earthworms evaluated in our study sites reach a maximum at the Negrine site as follows: 43.41 g / m<sup>2</sup>, 116 individuals / m<sup>2</sup>.

Average juveniles at both sites are higher than sub-adults and adults (74% juveniles versus 16.66% adults in Negrine and 80.57% juveniles versus 13.71% adults in Gourigueur)

**Key words:** Earthworms, Taxonomy, Biomass, Density, Gourigueur, Negrine.

## المخلص

الهدف من هذه الدراسة هو تصنيف ديدان الأرض في تبسة، تم إجراء عمليات جرد في منطقتين هما نقرين و فريفر، خلال الفترة الممتدة بين جانفي و ماي سنة 2018. تم اختيار مواقع أخذ العينات بمراعاة عوامل التربة والمناخ وإمكانية الوصول. باستخدام طريقة فيزيائية، تم حفظ ديدان الأرض التي تم جمعها في كحول 70°. تصنيف ديدان الأرض تم بالاعتماد على الصفات المورفولوجية.

أظهرت نتائج الدراسة التصنيفية لديدان الأرض في منطقتنا أن ديدان العينات تنتمي إلى عائلة Lumbricidae تتمثل في الأنواع التالية: *Aporrectodea caliginosa*، *Aporrectodea rosea*، *Eiseniella tetraedra*.

النوع السائد على مستوى موقعي الدراسة هو: *Aporrectodea caliginosa* (93,33% في فريفر و 60% في نقرين).

الكثافة والكتلة الحية للديدان التي تم تقييمها في موقعي الدراسة لدينا بلغت أقصى قيمة في موقع نقرين على النحو التالي: 116 فرد / م<sup>2</sup>، 43.41 غ / م<sup>2</sup>.

متوسط عدد الأحداث في كلا الموقعين أعلى من البالغين ودون البالغين (74% أحداث مقابل 16,66 بالغين في نقرين، 80,57% أحداث مقابل 13.71% بالغين في فريفر).

**الكلمات المفتاحية:** ديدان الأرض، تصنيف، كتلية حية، كثافة، نقرين، فريفر.



## *Remerciement*

Nous remercions **Allah** le tout puissant qui nous a donné le courage et la patience pour terminer ce travail.

Nous voudrions présenter nos remerciements à notre encadreur **M. Bouazdia karim**.

Nous voudrions également lui témoigner notre gratitude pour sa patience et son soutien qui nous a été précieux afin de mener notre travail à bon port.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif de la faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la vie pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Enfin, on remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Merci à tous



## ***Dédicaces***

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur  
tendresse, leur soutien et leurs prières.

A mes chères sœurs et chers frères : **Wassim, Fouad, Nabil, Karim,**

**Chama, Houda.**

A toute ma famille et tous mes amis : **Faouzi, Haroun, kouki, Ferial,**

**Besma, Hadjer, Sonya ...**

**A Fatma.**

A vous ♥ je dédie ce travail.

**Saadi Mohamed Lamine**



## ***Dédicaces***

Ma mère : qui je ne peux pas oublier les regards qui reflètent l'espoir et optimisme son sourire qui me couvre de jour en jour d'un amour dont les mots ne suffisent pas à exprimer.

A mon père pour sa gentillesse, je suis très reconnaissante pour tout ce qu'il fait pour moi, sa confiance, ses précieux conseils et son amour. Merci mon père, que **Allah** te bénisse.

A mes sœurs et frères : pour l'affection qui je lie, pour l'intérêt que vous portez à ma vie, pour votre soutien, votre compréhension et vos encouragements.

A toute ma famille **Menasria**.

A toutes mes amies surtout : **Oussama, Badr Eddine, Riyad, Khaled, Mohamed**.

A tous mes collègues de promotion 2018.

**Menasria Said**

## Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
01	Disposition des soies	06
02	Soies d'un ver de terre <i>Apporectodea caliginosa</i>	07
03	Vue ventrale d'un ver de terre, les régions du corps et les caractères externes	07
04	Les différents types de prostomium	08
05	Le prostomium de <i>Apporectodea caliginosa</i>	08
06	Clitellum d'un vers de terre <i>Apporectodea caliginosa</i>	09
07	Le pygidium d'un ver de terre	09
08	Les pores dorsaux d'un ver de terre	10
09	Vue ventrale de la partie antérieure d'un ver de terre	10
10	Anatomie interne du ver de terre	11
11	Coupe anatomie interne transversale du ver de terre	12
12	L'accouplement chez les lombrics	12
13	Cycle de vie des vers de terre	14
14	Deux vers de terre en estivation	15
15	Répartition écologique des vers de terre	16
16	Matériel utilisé sur le terrain	19
17	Matériel utilisé au laboratoire	20
18	Méthode de prélèvement de vers de terre	21
19	Rinçage des vers de terre	21
20	Détermination de la masse totale	22

## LISTE DES FIGURES

21	Tri des vers de terre	22
22	Détermination du poids et de la longueur	22
23	Conservation et étiquetage des vers adultes	23
24	Situation géographique de la wilaya de Tébessa	25
25	Situation géographique de site de Negrine	26
26	Situation géographique de site de Guorigueur	26
27	Diagramme ombrothermique de Tébessa	28
28	Morphologie d' <i>A. caliginosa</i> , (a) aspect général, (b) région clitellienne	31
29	Morphologie d' <i>A. rosea</i> : (a) aspect général, (b) région clitellienne	31
30	Morphologie d' <i>E.tetraedra</i> , (a) aspect général, (b) région clitellienne	32
31	Pourcentage des différentes espèces recensées dans les différents sites pendant la période d'étude.	33
32	Histogramme de la densité moyenne des vers de terre dans les différents sites au cours de la période d'étude	34
33	Histogramme de la densité des vers adultes et juvéniles au cours de la période d'étude dans les différents sites	35
34	Histogramme de la biomasse des vers de terre au niveau des sites échantillonnés au cours de la période d'étude	35

**Liste des tableaux**

<b>Tableau N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
01	Température et précipitation dans les deux sites pendant la période d'étude	28
02	Dates de collecte des vers de terre dans les deux sites d'étude	30
03	Comparaison entre les caractéristiques des différentes espèces de vers de terre collectées dans les sites d'étude.	30
04	Nombre d'individus (ni) des différentes espèces récoltées pendant la période d'étude.	32
05	La richesse totale dans les sites étudiés	33
06	La diversité (H') et l'équitabilité (E) des vers de terre dans les deux sites étudiés.	34

## SOMMAIRE

<b>Résumé</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>الملخص</b>	
<b>Remerciements</b>	
<b>Dédicaces</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Sommaire</b>	
<b>Introduction</b> .....	01
<b>Matériel et méthodes</b>	
<b>I. Matériel biologique</b> .....	04
1. Systématique .....	04
2. Morphologie .....	06
2.1. Les soies .....	06
2.2. Régions du corps .....	07
2.2.1. Le prostomium .....	07
2.2.2. Le metastomium (soma) .....	08
a. La zone antérieure (anté-clitélienne) .....	09
b. Le clitellum .....	09
c. La zone post-clitélienne.....	09
2.2.3. Pigydium.....	09
2.3. Pores dorsaux .....	10
2.4. Pores males .....	10
2.5. Pores femelles .....	11
2.6. Spermatophores .....	11
3. Critères anatomiques internes .....	11
3.1. Reproduction.....	12
3.2. Alimentation .....	13
3.3. Respiration .....	13
3.4. La locomotion .....	13
4. Cycle de vie .....	13
5. Périodes d'activité .....	14
6. Répartition écologique .....	15
6.1. Espèces épigées .....	15
6.2. Espèces endogées .....	15
6.3. Espèces anéciques.....	16
7. Conditions abiotiques des vers de terre .....	16
7.1. Température et humidité du sol .....	16
7.2. La matière organique .....	17
7.3. Type de sol et pH .....	17
8. Importance et caractéristique des vers de terre .....	18
8.1. Création des galeries.....	18
8.2. Formation des turricules .....	18

<b>II. Matériel de terrain et de laboratoire</b> .....	19
1. Sur le terrain .....	19
2. Au laboratoire .....	19
<b>III. Méthodes</b> .....	20
1. Procédures et protocole d'échantillonnage .....	20
2. Travaux de terrain et de laboratoire .....	20
2.1. Travaux de terrain .....	20
2.1.1. Méthode d'échantillonnage .....	20
2.1.2. Prélèvement et tri manuel.....	20
2.2.1. Rinçage et tri des vers de terre .....	21
2.2.2. Identification et Taxonomie des vers de terre .....	23
3. Analyse statistique .....	23
a. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H').....	24
b. Équitabilité de Pielou (équirépartition).....	24
<b>IV. Présentation de la zone d'étude</b> .....	24
1. Situation géographique de la région d'étude .....	24
1.1. Site de Negrine .....	25
1.2. Site de Gourigueur .....	26
2. Climat général .....	27
3. Températures et précipitation .....	28
<b>Résultats</b>	
1. Inventaire et biodiversité .....	30
1.1. Morphologie des vers de terre .....	30
1.1.1. <i>Aporrectodea caliginosa</i> .....	31
1.1.2. <i>Aporrectodea rosea</i> .....	31
1.1.3. <i>Eiseniella tetraedra</i> .....	32
2. Les indices écologiques .....	32
2.1. L'abondance .....	32
2.2. Fréquence centésimale (Abondance relative AR %) .....	33
2.3. Richesse total (S) .....	33
2.4. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et de l'équitabilité.....	33
3. Densité et biomasse .....	34
3.1. Densité total .....	34
3.2. Densité relative au stade de développement .....	34
3.3. La biomasse .....	35
<b>Discussion</b>	
1. La biodiversité .....	37
2. La densité .....	38
3. Biomasse .....	39
<b>Conclusion</b> .....	41
<b>Références Bibliographique</b> .....	44

# **Introduction**

## Introduction

Le maintien d'une activité biologique importante et diversifiée au sein des écosystèmes et notamment des sols, apparaît comme essentiel, c'est la raison pour laquelle divers chercheurs ont pensé utile d'étudier l'importance et la diversité des éléments biologiques qui sont responsables de l'activité biologique globale des sols (El Alami Idrissi, 2013). On trouve donc dans le sol une incroyable diversité d'organismes animaux. Classiquement, on distingue trois catégories en fonction de leur taille, la microfaune dont font parties des Protozoaires, quelques espèces de Rotifères terrestres, des Tardigrades et des Nématodes ... (< 0,2 mm). La mésofaune tels que les Acariens ou encore les Collembolés ... (entre 0,2 et 4 mm), en fin la macrofaune est composée des animaux entre 4 et 80 mm, ce sont les lombrics, des larves d'insectes ... (Bachelier, 1979).

On estime actuellement que la faune du sol représente plus de 80 % de la biodiversité animale. Ses plus célèbres représentants, les vers de terre, sont la première biomasse animale terrestre (Deprince, 2003). Ils sont probablement les acteurs les plus importants dans la formation des sols, dans le maintien de la structure et de la fertilité des sols (Puga Freitas, 2012). En 1994, plus de 3600 espèces de vers de terre, réparties en 15 familles, avaient été recensées dans le monde, auxquelles s'ajoutent plus de 60 nouvelles espèces chaque année (Pelosi, 2008).

Aujourd'hui, il y a un regain d'intérêt pour les vers de terre conduit par des préoccupations environnementales et économiques, particulièrement dans les domaines de la biodiversité, la systématique et l'évolution. Ainsi que la nécessité d'apprécier leur fonction en écologie appliquée (King et al., 2008), comprendre leur rôle dans les secteurs d'agriculture durable, horticoles et forestiers et l'exploitation de leur potentiel dans la restauration des sols endommagés et le recyclage des déchets organiques (Blakemore, 2000 ; Lavelle et Spain, 2001).

Les lombriciens sont généralement bien connus en Europe humide et à un moindre degré dans les pays méditerranéens de l'Europe occidentale. Cette faune est vraisemblablement similaire à celle de l'Afrique du Nord (Bouché, 2003). En effet les deux rives de la méditerranée ont connu un contact direct bien avant le mésozoïque et le cénozoïque (Bouillin, 1986). Ainsi, il serait judicieux de s'intéresser à la biodiversité des lombriciens dans le Nord-africain en tenant compte d'une part des conditions climatiques et d'autre part des relations phylogéniques avec les vers de terre de l'Europe méditerranéenne (Bazri, 2015).

En Algérie, les travaux relatifs à la biodiversité des lombriciens restent encore insuffisants. D'une part, l'identification et la classification de ces organismes demeurent difficiles par manque de taxonomistes qualifiés (Rougerie et *al.* 2009) Parmi les études effectuées en Algérie celle de Bazri (2015) qui décrit la biodiversité de la faune lombricienne dans l'Est algérien, le long d'un gradient depuis le littoral jusqu'au désert. Dans cette étude dix-huit espèces sont recensées. La collection de Baha (1997) dans la zone de Mitidja, une plaine côtière au sud d'Alger, a révélé 11 espèces, dont *Allolobophora chlorotica* nouvellement découverte en Afrique du Nord, trois autres espèces non encore inventoriées en Algérie, ainsi qu'une cinquième, *Proselodrilus doumandjii*, décrite comme nouvelle espèce par Baha et Berra (2001). Dans la région de Tébessa, Litim et Zoughlami (2015) ont trouvé 02 espèces dans le site d'El-Merdja de Tébessa. En 2016, Labchaki et Merah ont identifié 05 espèces à El Malabiod et El Hammamet.

Afin de poursuivre ces études, Nous avons sélectionné deux sites dans la wilaya de Tébessa qui sont Negrine et Gourigueur pour acquérir des connaissances concernant l'inventaire, l'identification et le classement des vers de terre dans la région de Tébessa, ainsi que leur relation avec le climat. Les caractéristiques météorologiques (précipitation, température).

Le manuscrit est organisé en trois grandes parties. La première présente une synthèse bibliographique concernant les recherches dans le domaine de la biologie et l'écologie des vers de terre, leurs relations avec les facteurs abiotiques, et la classification des Oligochètes. Aussi il présente l'ensemble du matériel et des méthodes qui ont été mis en œuvre pour répondre à nos objectifs. En particulier, les modalités d'échantillonnage et la détermination des lombriciens. La deuxième partie présente les résultats, et la dernière aborde la discussion scientifique concernant les paramètres biotiques (la biodiversité des lombriciens à Negrine et Gourigueur), les paramètres abiotiques et l'interaction paramètres biotiques et abiotiques et enfin, la conclusion.

# **Matériel et méthodes**

## I. Matériel biologique :

Les vers de terre sont omniprésents dans les sols tropicaux ou tempérés (sauf quand ils sont très acides). Au sein de la diversité d'organismes peuplant le sol, ils représentent le groupe dont la biomasse est la plus importante. Leur diversité taxonomique est très importante (3 627 espèces lombriciennes recensées en 1994; estimées à 7 000, voire beaucoup plus, au total). Leur présence varie selon les milieux. Ainsi on peut trouver 10 individus/m<sup>2</sup> dans une forêt d'épicéas tempérée, 30 individus/m<sup>2</sup> dans une prairie maigre, 250 individus/m<sup>2</sup> dans une forêt de feuillus ou un champ et jusqu'à 500 individus/m<sup>2</sup> dans un pâturage. L'épandage de fumier solide de bovin, dans une proportion de 50 tonnes à l'hectare par année, augmente le nombre de *Lumbricus terrestris* (anéciques) de près de 250 %, leur nombre dépassant 1000 individus/m<sup>2</sup>, ce qui représente 5 tonnes de vers de terre à l'hectare.

Des recensements montrent généralement que cette abondance est beaucoup plus réduite au sein des parcelles agricoles labourées et monoculturelles ou en présence de pesticides. En effet, depuis un siècle, certains terrains sont passés de 2 tonnes de vers de terre à l'hectare à 50 kg ou moins (Bustos-Obregon et Goicochea, 2002).

### 1. Systématique :

Lombric est le nom donné à plus de 3000 espèces de vers de terre dans le monde. Ils appartiennent à l'embranchement des annélides, à la classe des Clitellata et à l'ordre des Haplotaxida (Morin, 1999). Ces espèces se répartissent en différentes familles suivant des caractéristiques spécifiques (Razafindrakoto, 2013).

La classification des annélides oligochètes, la plus récente, est publiée dans la base de données de la faune d'Europe (Jong et al., 2014) :

<b>Règne</b>	Animalia
<b>Sous-règne</b>	Eumetazoa
<b>Phylum</b>	Annelida
<b>Classe</b>	Oligochaeta
<b>Sous-classe</b>	Diplosteculata
<b>Super-ordre</b>	Megadrili
<b>Ordre</b>	Opisthopora
<b>Sous-ordre</b>	Lumbricina
<b>Super-famille</b>	Criodriloidea

<b>Famille</b>	Criodrilidae
<b>Super-famille</b>	Eudriloidea
<b>Famille</b>	Eudrilidae
<b>Super-famille</b>	Lumbricoidea
<b>Famille</b>	Ailoscolecidae
<b>Famille</b>	Glossoscolecidae
<b>Famille</b>	Hormogastridae
<b>Sous-famille</b>	Hormogastrinae
<b>Sous-famille</b>	Vignysinae
<b>Sous-famille</b>	Xaninae
<b>Famille</b>	Lumbricidae
<b>Sous-famille</b>	Diporodrilinae
<b>Sous-famille</b>	Lumbricinae
<b>Sous-famille</b>	Spermophorodrilinae
<b>Super-famille</b>	Megascolecoida
<b>Famille</b>	Acanthodrilidae
<b>Famille</b>	Megascolecidae
<b>Famille</b>	Ocnerodrilidae
<b>Famille</b>	Octochaetidae
<b>Super-famille</b>	Sparganophiloidea
<b>Famille</b>	Sparganophilidae
<b>Sous-classe</b>	Tubificata
<b>Ordre</b>	Tubificida
<b>Sous-ordre</b>	Enchytraeina
<b>Super-famille</b>	Enchytraeoida
<b>Famille</b>	Enchytraeidae
<b>Famille</b>	Propappidae

## 2. Morphologie :

D'après Lavelle et Spain (2001), les vers de terre sont des animaux qui appartiennent à la macrofaune du sol. Ils se distinguent par une anatomie allongée et circulaire. Leurs corps sont constitués par une série de nombreux anneaux successifs appelés « métamères » (de 60 à 200), lesquels ont tous une anatomie à peu près semblable et se répétant régulièrement.

Le corps d'un vers de terre est annelé c'est à dire composé d'anneaux ou segments successifs appelés « métamères », compris entre un lobe céphalique "prostomium" et un lobe terminal "pygidium" (Sims et Gerard, 1999),

La présence d'une zone gonflée située au tiers antérieur du corps (Clitellum) qui indique la maturité sexuelle. Il permet la production des cocons (Sivasankari et al, 2013). Le clitellum porte une paire de lobes ou d'une bande (Les tubercules de la puberté) situés sur les côtés. La longueur du corps varie de 20 et 1100 mm, un diamètre entre 1 et 20 mm, avec un poids qui varie de quelques milligrammes à plus de 100 grammes (Bouché, 1966).

La couleur du corps varie le plus souvent du rose au marron, parfois irisée avec des reflets violets. Quelques espèces sont très colorées, orange ou turquoise, notamment chez certains *Trigaster* (Octochaetidae) d'Amérique centrale (James., 1991).

### 2.1. Les soies :

Chaque anneau possède 8 petits soies implantées directement dans les téguments, qui permettent au ver de se déplacer sur et dans le sol. Les deux premiers segments (le prostomium et le péristomium) et le dernier (pygidium) n'ont pas de soies. Elles constituent l'un des caractères principaux utilisés pour l'identification des vers de terre. Assez souvent, elles sont groupées par paires : elles sont dites géminées (G). Dans d'autres cas, elles ne sont nullement appariées ; c'est la disposition lombricienne écartée (H). Il existe des états intermédiaires qui conduisent à parler de soies étroitement ou largement géminées d'autre sont périchaetienne (I) et la disposition chez *Haplotaxis gordiodes* (J) (Sekhara, 2008). (Fig.1).

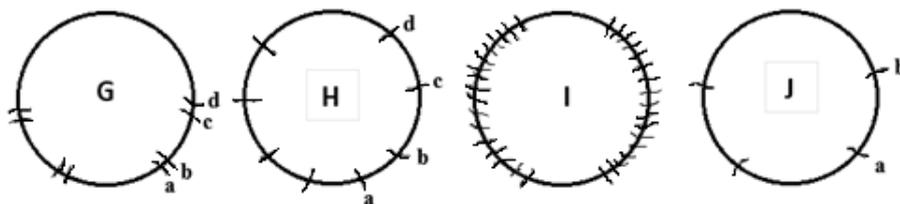


Figure 01. Disposition des soies (Bouché, 1972)

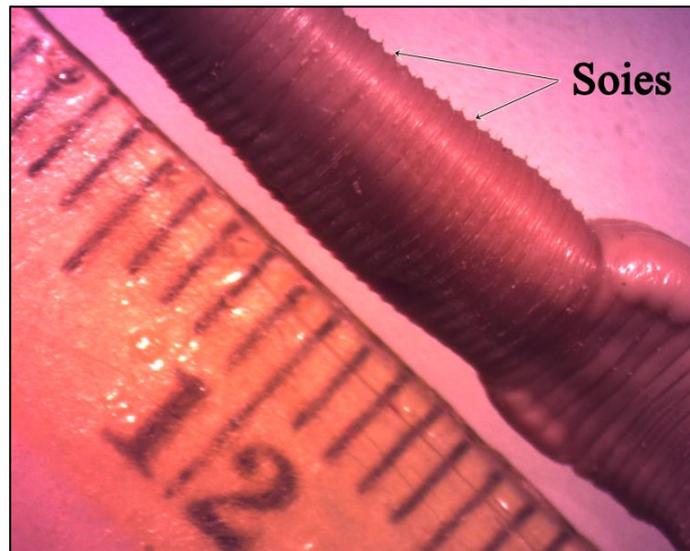


Figure 02. Soies d'un ver de terre *Apporectodea caliginosa* (photo personnel).

## 2.2. Régions du corps :

D'une manière générale, le corps d'un ver de terre est composé des de trois régions, le prostomium, le soma et le pygidium (fig. 3).

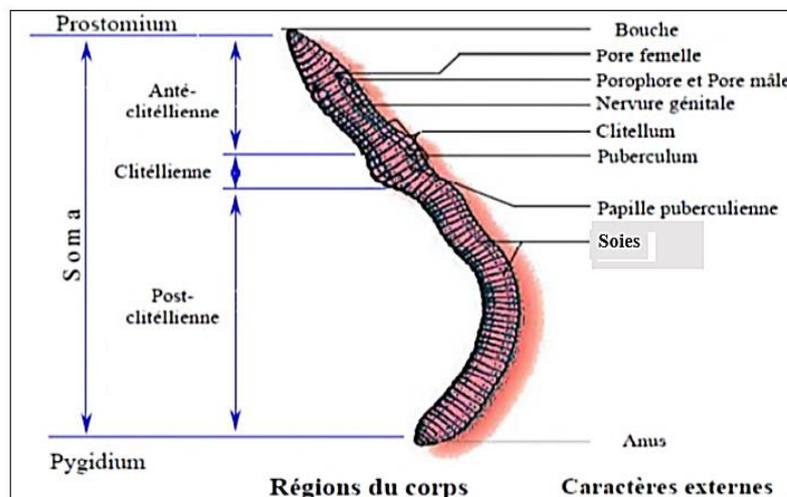
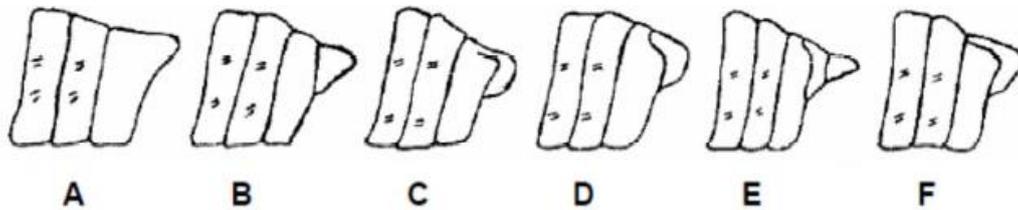


Figure 03. Vue ventrale d'un ver de terre (El-Addan, 1990), les régions du corps et les caractères externes (Bouché, 1972).

### 2.2.1. Le prostomium :

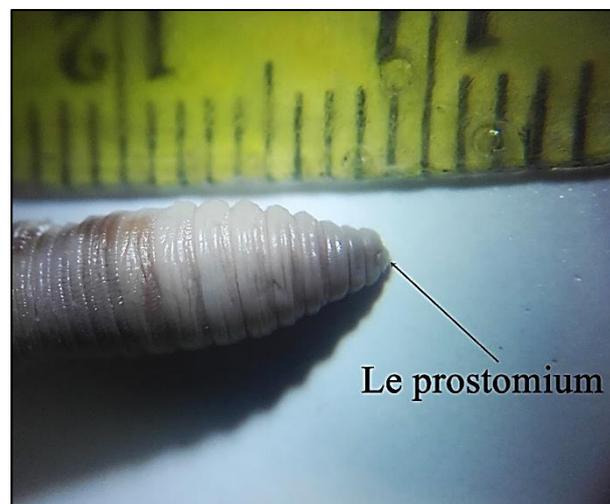
Le prostomium est de forme triangulaire, c'est un petit organe situé au-dessus de la bouche et fusionné avec le premier segment ou péristomium ce premier segment entoure la bouche. Il peut encore être subdivisé transversalement par un sillon et parcouru de rides

longitudinales. La forme de prostomium est un des éléments qui permettent de déterminer l'espèce de ver de terre (Crow, 2012). Chaque disposition ayant reçu un nom (fig. 4).



**Figure 04.** Les différents types de prostomium (Bouché, 1972).

Prostomiums : zyglobique (A), prolobique (B), épilobique ouvert (C), épilobique, fermé(D), subdivisé (E) et tanylobique (F)



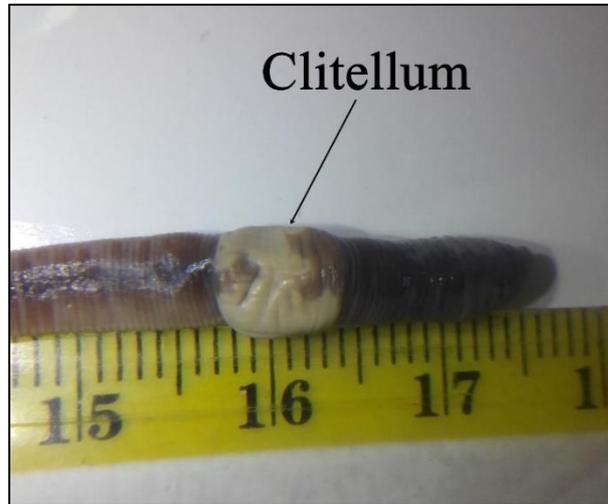
**Figure 05.** Le prostomium de *Apporectodea caliginosa* (photo personnel)

### 2.2.2. Le metastomium (soma) :

Il constitue l'essentiel du corps du ver de terre. Chez l'adulte, le soma peut être subdivisé extérieurement, et par rapport au clitellum, en trois zones: Anteclitellienne, clitellienne, Posteclitellienne (Fig. 1).

**a. La zone antérieure (anté-clitélienne) :** Elle possède une forte densité de cellules sensorielles et contient le cerveau. Sa morphologie est modifiée par le développement musculaire qui a un rôle mécanique important pour la pénétration des vers de terre dans le sol (Sims & Gerard, 1999).

**b. Le clitellum** : Le clitellum est un caractère dérive, c'est une modification d'une série de segments antérieurs qui forment un anneau renfle qui secrète un cordon muqueux qui permet de maintenir le partenaire lors de la reproduction et aussi pour former un cocon dans lequel les œufs vont se développer (Gauer, 2007).

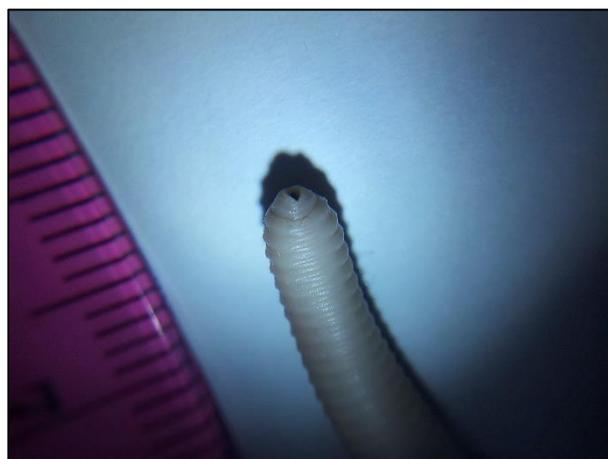


**Figure 06.** Clitellum d'un vers de terre *Apporectodea caliginosa* (photo personnel).

**c. La zone post-clitélienne** : Elle se présente comme une succession de segments similaires. Sa fonction est essentiellement mécanique et digestive, elle permet aux vers de terre de s'accrocher à l'orifice du terrier lorsqu'ils explorent la surface du sol (Sims & Gerard, 1999).

### 2.2.3. Pigydium :

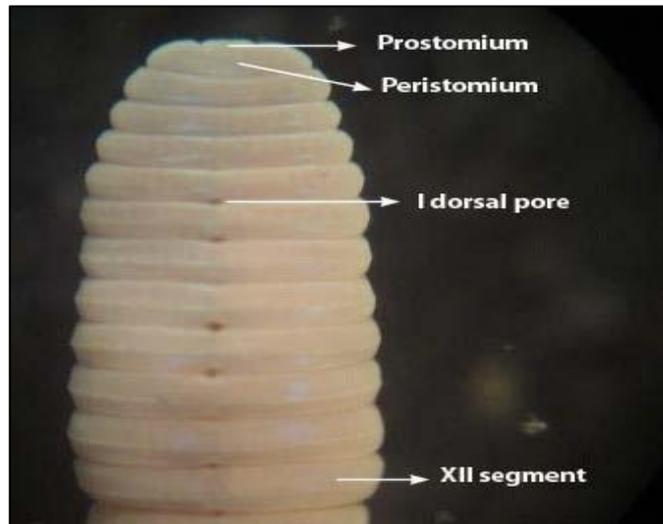
Il ne comporte pas de cavité cœlomique, donc n'est pas considéré comme un métamère. Il entoure l'anus (Sims & Gerard, 1999).



**Figure 07.** Le pigydium d'un ver de terre (photo personnel)

### 2.3. Pores dorsaux :

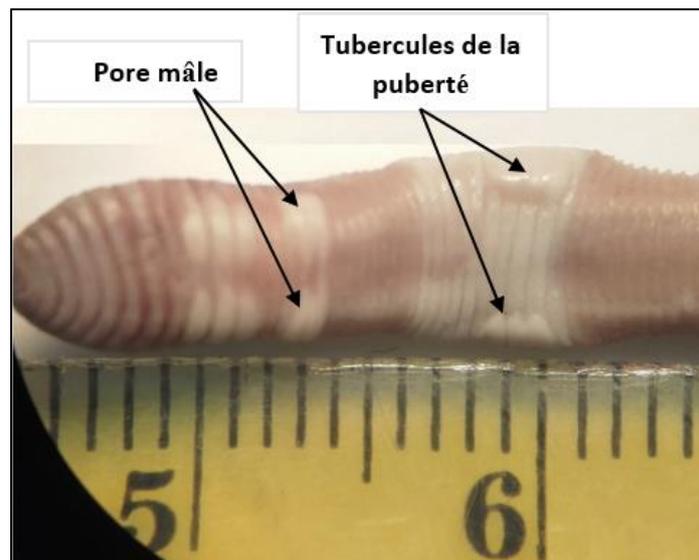
Les pores dorsaux sont de petites ouvertures situées sur les sillons inter segmentaux ou la ligne dorsale et n'apparaissant uniquement que chez les oligochètes terricoles. Ces ouvertures communiquent avec la cavité centrale et le fluide cœlomique (Bachelier, 1978).



**Figure 08.** Les pores dorsaux d'un ver de terre (Subedi et *al*, 2018)

### 2.4. Pores males :

Ce sont les débouchés des canaux déférents. Ils sont au nombre de deux paires chez certaines familles (fig .9) et d'une seule paire dans les autres familles. Ils débouchent normalement entre les soies b et c, au milieu du quinzième segment chez la plupart des lombrics (Bouché, 1972).



**Figure 09.** Vue ventrale de la partie antérieure d'un ver de terre (photo personnel)

### 2.5. Pores femelles :

Les pores femelles constituent le débouché des oviductes et sont situés directement dans le segment suivant le métamère ovarien. Il y a un pore femelle par ovaire. Les 2 pores femelles sont situés un peu au-dessus de la soie b du 14<sup>ème</sup> segment chez la plupart des vers de terre (Sekhara et Baha, 2008)

### 2.6. Spermatophores :

Les débouchés des spermathèques s'observent normalement au fond des scissures : ce sont les spermatophores. Ils sont parfois placés sur une petite papille ou encore sont entourés d'une auréole pigmentée foncée. Très souvent visibles au niveau des soies cd des scissures 9/10 et 10/11. Leur disposition et leur nombre constituent des éléments précieux pour l'interprétation phylogénétique (Bouché, 1972).

### 3. Critères anatomiques internes:

Les vers de terre sont des animaux qui appartiennent au macrofaune du sol. Ils se distinguent par une anatomie allongée et circulaire (Lavelle et Spain ,2001). En ce qui concerne l'anatomie du ver de terre (fig.10), elle est caractérisée par la présence d'organes axiaux, s'étendant sur toute la longueur du corps de l'animal (appareil circulatoire, appareil digestif et chaîne nerveuse), d'organes métamériques pairs se répétant dans chaque segment (néphridies, cavités cœlomiques, ganglions nerveux) et d'organes à localisation stricte comme les structures génitales (testicules et vésicules séminales de l'appareil génital mâle, ovaires, oviductes et spermathèques de l'appareil femelle). En outre, il prouve une symétrie bilatérale nette (Sims et Gerard, 1999).

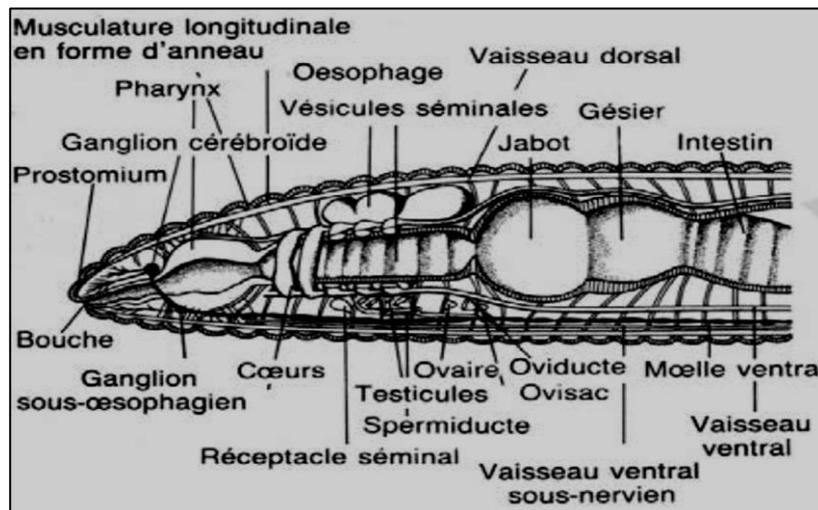
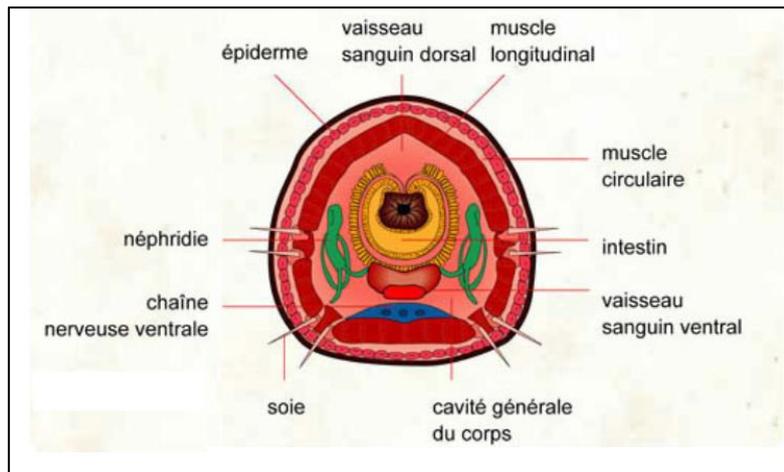


Figure 10. Anatomie interne du ver de terre (Buch, 1991)

Une coupe transversale d'un métamère de lombric (Fig. 11) montre la cavité cœlomique, la chaîne nerveuse ventrale, l'orifice périneurien permettant la communication contrôlée du liquide cœlomique entre cavités cœlomiques des métamères adjacents, les dissépinements cloisonnant chaque métamère entre eux (Bouché ,1984). La paroi externe outre l'épiderme a une couche musculaire circulaire sous-jacente et une autre couche longitudinale plus interne.



**Figure 11.** Coupe anatomie interne transversale du ver de terre (Carion, 2012).

### 3.1. Reproduction :

La majorité des espèces se reproduisent sexuellement en étant hermaphrodites protandres (les vers sont mâles avant de devenir femelles). Lors de l'accouplement (fig.12), les vers de terre échangent des spermatozoïdes (fécondation croisée).

Les vers de terre produisent des cocons qui contiennent 1 à 7 embryons selon les espèces. Les épigés produisent une centaine de cocons et 300 descendants par an, tandis que les anéciques ne produisent qu'une douzaine de cocons et une quinzaine de descendants par an (Marion Vigot, 2014).



**Figure 12.** L'accouplement chez les lombrics (TREMBLAY, 2014).

### 3.2. Alimentation :

Les vers de terre se nourrissent essentiellement de matériel végétal mort. Ils pâturent pendant la nuit le « gazon d'algues » produit pendant le jour à la surface du sol et tirent des débris végétaux morts dans leurs galeries où des microorganismes les « prédigèrent » en deux à quatre semaines. Les vers de terre n'ont pas de dents et ne peuvent donc pas mordre dans les racines des plantes. Le lombric, par exemple, s'empare de matières végétales incorporées superficiellement ou laissées à la surface du sol. Une alimentation riche est décisive pour le développement et la multiplication des vers de terre (Lukas Pfiffner, 2013).

### 3.3. Respiration :

Les vers de terre respirent par leur peau qui est très fine (une seule couche de cellules, l'épiderme) et humide ce qui permet à l'oxygène de pénétrer leur peau. Les gaz respiratoires sont échangés à travers les vaisseaux sanguins qui se trouvent sous leurs peaux (Herger, 2003). Et leur respiration croît avec la température (Bachelier, 1978).

### 3.4. La locomotion :

Sur le sol le lombric se déplace par reptation. Son corps se contracte grâce aux muscles longitudinaux. Les soies permettent au lombric de prendre appui sur le sol ; elles méritent donc bien le nom de soies locomotrices. Le mucus sécrété par la peau facilite le glissement du ver. Dans le sol, il creuse des galeries dont le diamètre est égal à celui de son corps. L'extrémité antérieure se gonfle, devient dure, et peut ainsi pénétrer dans la terre humide. Le ver avale également de la terre. Aussi les vers de terre contribuent dans des proportions considérables à l'aération du sol (Villeneuve et Desire, 1965).

## 4. Cycle de vie :

Les vers de terre ont une durée de vie dépendante de l'espèce, de leur biotope et des conditions dans lesquelles ils vivent (Lakhani et Satchell, 1970). Leur durée de vie varie selon les espèces. Certaines vivent 10 ans en conditions de laboratoire. A titre d'exemple. Bachelier (1978) indique 10 ans et 3 mois pour *Allolobophora Longa*, 4 à 8 ans pour *Lumbricus Terrestris*, 4 à 5 ans pour *Eisenia foetida* et quelques mois pour *Lumbricus castaneus* (Bachelier, 1978). Suivant le groupe fonctionnel, les stratégies d'allocation de l'énergie varient entre les types r et k (Satchell, 1980). La stratégie de type r concerne les espèces à durée de vie courte donc plus spécifiquement les épigés, qui allouent tout d'abord leur énergie à la reproduction et à la croissance. A l'inverse, les stratégies k, principalement les endogés et les anéciques, privilégient la survie à la reproduction et à la croissance car ils ont une durée de vie plus longue.

Les vers adultes produisent plusieurs cocons par an, en fonction de leur âge (Svendsen et al, 2005). Plusieurs études montrent qu'*Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea longa* et *Octalasion cyaneum*, qui sont des espèces anéciques ou endogées, produisent entre 3 à 13 cocons par an alors que les épigés *L. rubellus*, *Lumbricus castaneus* et *Dendrobaena rubidus* sont capables d'en produire entre 42 à 106 par an (Satchell, 1967).

La durée des quatre étapes fondamentales du cycle de vie des lombriciens (cocon, juvénile, sub-adulte et adulte), ainsi que la fécondité et la survie des vers dépendent fortement de l'espèce considérée mais aussi des conditions du milieu.

Le ver de terre juvénile va progressivement acquérir des caractères sexuels secondaires externes liés à l'accouplement comme le puberculum tuberculeux ou les pores sexuels, il sera alors au stade sub-adulte. Un clitellum, organe lié au processus de ponte, va ensuite se former et permettre au ver de terre de devenir sexuellement mature pour pouvoir se reproduire à son tour (fig 13) ; il devient alors adulte (Boström et Lofs., 1996).

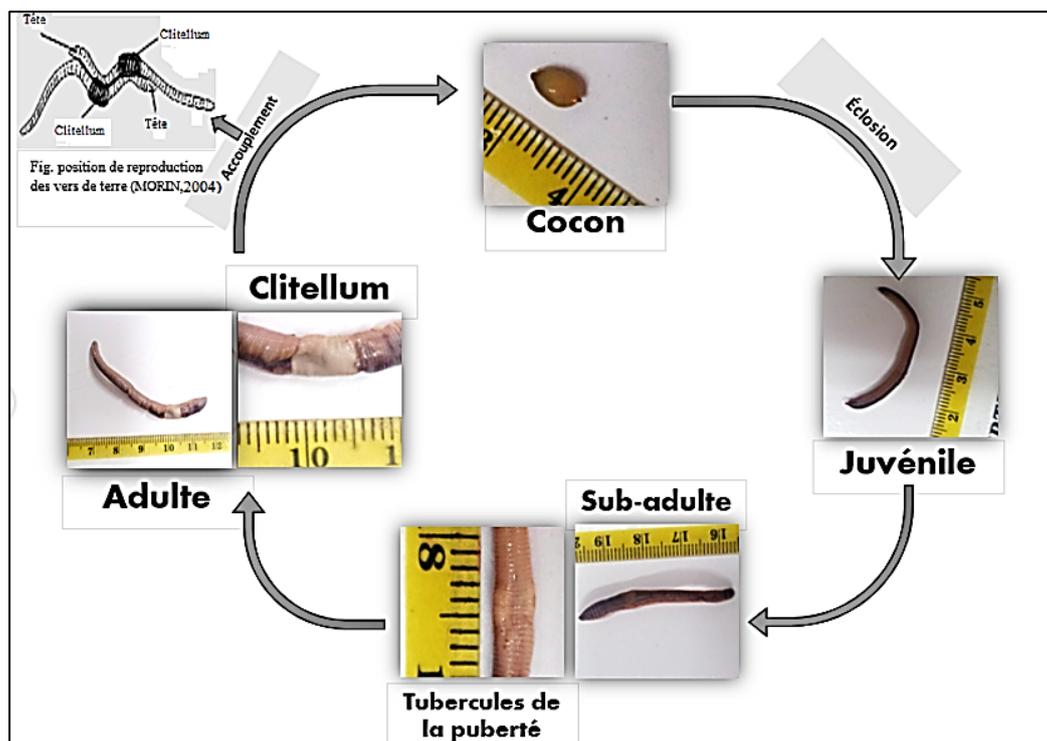


Figure 13. Cycle de vie des vers de terre (photo personnelle)

## 5. Périodes d'activité :

Dans les régions tempérées, la plupart des vers de terre rentrent en diapause en été. Pendant cette période, le tube digestif est vide, les lombriciens restent enroulés sur eux même dans une cavité sphérique qu'ils ont consolidée (fig. 14). L'activité, la nutrition et l'aptitude à se reproduire reprennent à l'automne avec la réhumidification du sol encore chaud. En hiver,

les vers de terre ralentissent leurs activités, ils s'enfoncent si le froid devient trop intense, mais ils n'hibernent pas et restent toujours plus ou moins actifs. Leur vie redevient normale au printemps avec l'adoucissement du climat et, en fin de printemps, avec le dessèchement des sols, débute leur estivation (Bachelier, 1978).



**Figure 14.** Deux vers de terre en estivation (photo personnelle)

## **6. Répartition écologique :**

Les vers de terre sont parmi les plus célèbres habitants du sol. Ils représentent la première biomasse animale terrestre. Selon Bouché (1972), trois grandes catégories (catégories écologiques) qui se basent sur des critères morphologiques (pigmentation, taille), comportementaux (alimentation, construction de galeries, mobilité) et écologiques (longévité, temps de génération, prédation, survie à la sécheresse) se distinguent (fig,15) :

**6.1. Espèces épigées :** comme *Dendrobaena octaedra*, sont des vers pigmentés de petite taille (10 à 30 mm en général). Vivent en surface dans les amas de matières organiques et creusent peu ou pas de galeries dans le sol (Pérès et al, 2011).se nourrissent directement de matière organique et de végétaux en décomposition. Ce sont des décomposeurs. Ils participent activement au fractionnement de la matière organique et ingèrent peu de matière minérale.

**6.2. Espèces endogées :** comme le genre *Apporectodea*, sont des vers dépigmentés, sans couleurs ou très pâles, de taille variable (1 à 20 cm). Vivent dans les couches plus profondes et creusent des galeries horizontales (Pérès et al, 2011). Se nourrissent de matières organiques dégradées, Ils créent une structure grumeleuse qui joue un rôle dans la rétention et l'infiltration de l'eau dans le sol.

**6.3. Espèces anéciques** : comme *Lumbricus terrestris*, sont de couleur brune, de taille moyenne à géante (10 à 110 cm). Occupent la couche supérieure du sol autour de 25 cm, Ils creusent des galeries verticales dont la longueur peut atteindre plusieurs mètres (Morin, 1999). Ces vers de terre prélèvent la matière organique à la surface du sol, ils l'enfouissent dans leur galerie, la laisse se décomposer sous l'action des microorganismes avant de l'ingérer avec du sol.

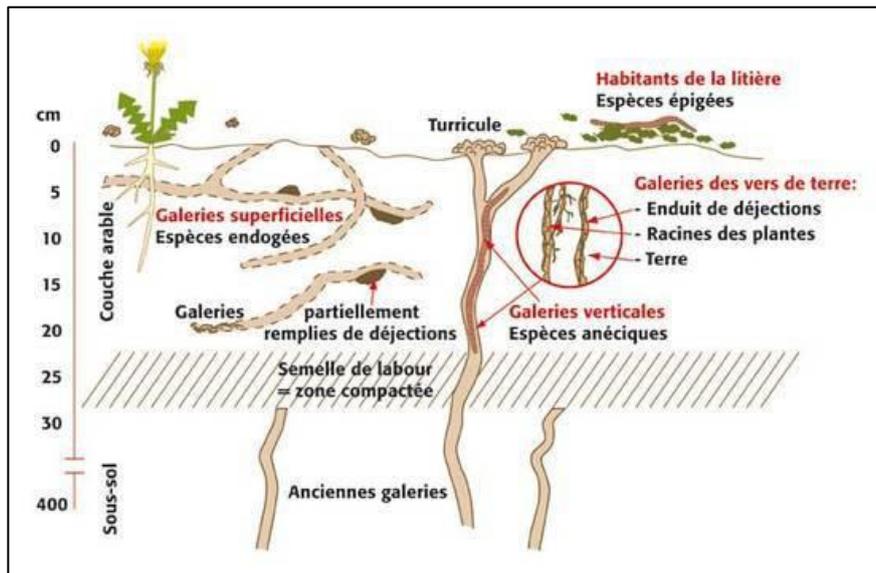


Figure 15. Répartition écologique des vers de terre (Pfiffner, 2013)

## 7. Conditions abiotiques des vers de terre :

### 7.1. Température et humidité du sol :

La température a une influence sur la rapidité de développement des vers de terre. Tandis que la production de cocons par les Lombrics devient quatre fois plus importante quand la température s'élève de 6 à 16°C (Evans et Guild, 1948). D'après Bachelier (1978), les conditions optimales de température se situent en général entre 10 et 20°C pour les espèces de régions tempérées et entre 20 et 30°C pour les zones tropicales. Mais peu d'espèces survivent à des températures inférieures à 0°C ou supérieures à 28°C (Lee, 1985 ; Curry, 1998).

Les vers de terre sont composés à 80-90 % d'eau lorsqu'ils sont pleinement hydratés (Lee, 1985, citée par Pelosi, 2008) et même s'ils peuvent supporter des pertes en eau, ils restent très sensibles aux faibles humidités. Lorsque les conditions de température et d'humidité du sol deviennent défavorables, la survie, la fécondité et la croissance des lombriciens sont affectées (Lee, 1985)

La température, l'humidité du sol sont les facteurs clés qui régulent l'abondance et l'activité des vers en milieu naturel (Satchell, 1967 ; Hartensein et Amico, 1983 ; Sims et Gerard, 1999 ; citée par Pelosi, 2008) et les populations lombriciennes répondent relativement rapidement à des variations de ces facteurs du milieu.

## **7.2. La matière organique :**

La quantité, la qualité et la localisation des matières organiques sont des facteurs importants pour les vers et dépendent surtout, dans les parcelles agricoles, de l'espèce cultivée. Lofs-Holmin (1983) a rapporté que la qualité et la quantité de résidus de culture retournés dans le sol sont essentielles pour le développement et la croissance des vers de terre (Edwards et Lofty, 1977 ; Lee, 1985 ; Pérès *et al.*, 1998 ; Mele et Carter, 1999). Par ailleurs, de nombreuses études ont montré une corrélation positive entre la densité et/ou la biomasse de vers de terre et la teneur en matière organique du sol (El-Duweini et Ghabbour, 1965 ; Hendrix *et al.*, 1992). De plus, Boström et Lofs-Holmin (1986) ont démontré que la croissance d'*A. caliginosa* dépendait non seulement du type de nourriture disponible mais également de la taille des particules ingérées.

Certaines espèces de végétaux avaient des feuilles riches en substances nocives ou repoussantes pour les vers. Le rapport C:N est une mesure de la qualité de la matière organique en tant que source d'énergie. Bouché (1972) distinguent 49 espèces pour lesquelles le C:N optimal pour la croissance est inférieur à 13 et 18 espèces ayant un C:N optimal supérieur ou égal à cette valeur. Phillipson *et al.* (1976) expliquent qu'*Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Lumbricus terrestris* et *Lumbricus castaneus* occupent des sols ayant un rapport C:N inférieur à 8.

## **7.3. Type de sol et pH :**

Les vers sont plus abondants dans les sols limoneux, argilo-limoneux et argilo-sableux que dans les sables, les graviers et les argiles, (Guild, 1948). Les vers sont généralement absents dans des sols très acides ( $\text{pH} < 3.5$ ) et sont peu nombreux dans les sols à  $\text{pH} < 4.5$  (Curry, 1998). Il existe un pH optimal pour chaque espèce (Edwards et Bohlen, 1996). La majorité des espèces des régions tempérées se trouvent dans des sols à pH compris entre 5.0 et 7.4 (Satchell, 1967).

## 8. Importance et caractéristique des vers de terre :

Les vers de terre font probablement partie des organismes terrestres les plus anciens. En termes de biomasse, ils dominent la macrofaune du sol dans la plupart des écosystèmes terrestres (Girard et *al.*, 2005). En tant qu'ingénieur de l'écosystème, au sens décrit par Jones et *al.* (1994) et ils modifient directement ou indirectement la disponibilité des ressources pour d'autres organismes de la biocénose. Ils ont un rôle important au sein des agrosystèmes car ils participent à la dynamique physique, chimique et biologique du sol, à travers trois principales fonctions (Pelosi, 2008). La création de galeries, la formation des turricules sont caractéristique formé par les vers surtout chez les endogés et les anéciques.

### 8.1. Création des galeries :

A cause de la forte contribution aux taux de renouvellement du sol, les vers de terre sont d'importance spéciale pour le cycle des nutriments, la structure du sol et les processus de transfert de matières (Buck et *al.*, 1999). Les vers de terre créent des structures qui favorisent dans le sol, une nette amélioration de la porosité, de l'aération, du régime hydrique et de la stabilité structurale en forant un réseau permanent plus ou moins profond. Le réseau de galeries sera différent selon la catégorie écologique des lombriciens. Les galeries vont former des voies de pénétration préférentielles pour les racines (Razafindrakoto, 2013)

### 8.2. Formation des turricules:

On appelle turricules les rejets présents à la surface du sol et déjections ceux qui sont déposées sur les parois des galeries. La taille des turricules varie de quelques millimètres à quelques centimètres et dépend de celle des espèces (Darwin, 1881). Les turricules remontées à la surface par les vers de terre représentent un poids de 40 à 120 tonnes par an et ont une valeur fertilisante considérable. De plus, même si les vers de terre n'augmentent pas les quantités d'éléments nutritifs, ils les rendent plus assimilables tout en stabilisant le pH (Manfred, 2008). Cependant, la production et l'abondance des turricules de vers de terre apparaissent très variables en fonction du milieu des espèces de vers présentes ainsi que du couvert végétal. La disparition des turricules est de 70% en saison des pluies, et de 20% en période sèche. Les turricules sont donc intégrés plus lentement à la matrice du sol en période sèche (Binet et Le Bayon, 1999 ; citée par Huynh, 2009).

**II. Matériel de terrain et de laboratoire :**

Nous avons utilisé dans le cadre de cette étude l'équipement suivant :

**1. Sur le terrain :**

Pour collecter des échantillons sur le terrain, nous avons utilisé les outils suivants :

- ✓ Outil de mesure (mètre)
- ✓ Petits récipients avec couvercles pour les vers de terre.
- ✓ Pioche.
- ✓ Bâche.
- ✓ Pelle.



**Figure 16.** Matériel utilisé sur le terrain (photo personnelle).

**2. Au laboratoire :**

- ✓ Loupe binoculaire (OPTIKA).
- ✓ Loupe binoculaire USB (OPTIKA).
- ✓ Loupe manuel.
- ✓ Balance de précision (OHAUS).
- ✓ Gros récipient pour le lavage.
- ✓ Flacons.
- ✓ Boîtes de pétri.
- ✓ Pince.
- ✓ Règle.
- ✓ Papier absorbant.
- ✓ Eau de robinet.



**Figure 17.** Matériel utilisé au laboratoire (photo personnelle).

### **III. Méthodes**

#### **1. Procédures et protocole d'échantillonnage :**

Les lieux de l'étude ont été déterminés en prenant en considération les conditions favorables au vers de terre (sol humide, température ...). Pour étudier les communautés lombriciennes, nous avons effectué quatre prélèvements dans chaque site d'étude chaque mois pendant la période s'étalant entre Janvier et Mai.

Il est important de réaliser les prélèvements lors de la période d'activité des lombriciens en sortie d'hiver – début de printemps et en automne. Les prélèvements ne sont pas réalisables sur sols gelés et en cas de fortes températures et de fort ensoleillement (G. Peres *et al.*, 2011).

#### **2. Travaux de terrain et de laboratoire :**

##### **2.1. Travaux de terrain :**

##### **2.1.1. Méthode d'échantillonnage :**

L'échantillonnage des vers de terre est en effet une étape clé de l'estimation de l'état d'une communauté et elle nécessite l'utilisation d'un protocole adapté et efficace (Pelosi, 2008).

Comme beaucoup d'organismes vivants, les populations des vers de terre ont une distribution ni uniforme ni aléatoire, mais se distribuent habituellement selon des groupes spatiaux. En pratique, les sites d'échantillonnages doivent être distants au moins 20-50 mètres pour avoir plus d'espèces et de conditions (Valckx *et al.*, 2011).

##### **2.1.2. Prélèvement et tri manuel**

###### **➤ Méthodes de prélèvement des animaux**

Nous avons utilisé une méthode physique pour extraire les vers de terre du sol (Bouché, 1972) (fig.18) :

- A l'aide d'un outil de mesure, un rectangle est sélectionné sur la surface du sol avec les dimensions (longueur : 50 cm / largeur : 30 cm).
- Creuser un bloc avec une profondeur de 30 cm.
- Mettez le sol dans un bache.

-Trier le sol manuellement pour capturer et placer les vers dans un petit récipient contenant du sol et des résidus végétaux (récipient étiqueté : le lieu, la date, le mois et le numéro du prélèvement).



**Figure 18.** Méthode de prélèvement de vers de terre (photo personnelle)

### 2.2.1. Rinçage et tri des vers de terre :

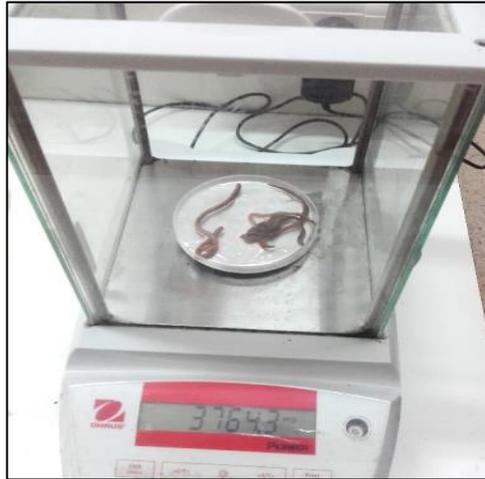
Décharger les échantillons sur un bâche, et à l'aide d'une pince on met tous les vers de terre dans un récipient contenant de l'eau pour les rincer (fig.19). Puis déplacer les vers sur du papier absorbant pour les assécher.



**Figure 19.** Rinçage des vers de terre (photo personnelle)

Pour chacune des boites :

- Déterminer la masse totale (y compris les vers endommagés) (Fig.20).



**Figure 20.** Détermination de la masse totale (Photo personnelle)

- Les lombriciens collectés sont triés en :

**Juvéniles** : sans clitellum ni tubercules pubères.

**Subadultes** : avec seulement les tubercules pubères.

**Adultes** : possédant un clitellum ainsi que les tubercules pubères.



**Figure 21.** Tri des vers de terre (Photo personnelle)

- Les adultes sont d'abord étudiés morphologiquement, à l'état vivant (avant fixation) en notant le poids, la longueur, le diamètre du corps (Fig.22), la couleur du tégument, et le gradient de coloration (Baha, 2008).



**Figure 22.** Détermination du poids et de la longueur (Photo personnelle)

- Ensuite conserver chaque adulte dans un flacon rempli d'alcool 70% (Fig.23). Chaque flacon contient (date de sortie, numéro de relevé, numéro d'individu)



**Figure 23.** Conservation et étiquetage des vers adultes (Photo personnelle)

### **2.2.2. Identification et Taxonomie des vers de terre :**

La détermination des espèces s'est effectuée au laboratoire en se basant sur les clés de Sims et Gerard (1979) et Bouché (1972).

Les principaux critères pris en considération sont :

- La couleur
- Le type de prostomium
- La position des pores mâles
- Les soies
- Le clitellum
- Les tubercules pubères
- Nombre des segments.

### **3. Analyse statistique :**

Dans notre étude, pour mieux visualiser les résultats obtenus, la représentation graphique choisie est celle des histogrammes et des anneaux en utilisant Microsoft Excel 2010.

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse statistique grâce au logiciel Minitab. Les données sont représentées par la moyenne plus ou moins l'écart-type ( $m \pm s$ ). Une analyse de la variance a été effectuée en utilisant le test ANOVA. Les moyennes différentes sont discernées par les tests de Tukey HSD et Fisher LSD.

**a. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H')**

Cet indice permet de mesurer la biodiversité et de quantifier son hétérogénéité dans un milieu d'étude et donc, d'observer une évolution au cours du temps (Peet, 1974). Il s'exprime en bits. L'indice de Shannon a été calculé pour chaque site étudié et selon la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left[ \left( \frac{n_i}{N} \right) \times \text{Log}_2 \left( \frac{n_i}{N} \right) \right]$$

$n_i$  = Nombre d'individus d'une espèce  $i$ .

$N$  = Nombre total des individus toutes espèces comptées.

$S$  : Richesse spécifique.

Lorsque tous les individus appartiennent à la même espèce, l'indice de diversité est égal à 0 bits. Cet indice fluctue généralement entre 0,5 et 4,5 (Faurie *et al.*, 2003).

**b. Equitabilité de Pielou (équirépartition)**

L'équitabilité correspond au rapport de la diversité observée ( $H'$ ) à la diversité maximale ( $H' \text{ max} = \log^2 S$ ). Il est calculé par la formule suivante (Faurie *et al.*, 2003). Elle permet d'estimer et de comparer la diversité. Cet indice se calcule suivant l'équation :

$$E = H' / \log_2 S$$

$H'$  : indice de Shannon,  $S$  : nombre total des espèces recensées.

D'après Rebzani-Zahaf (Alioua *et al.*, 2012), cet indice nous renseigne sur l'état d'équilibre du peuplement selon lequel cinq classes ont été établies :

- ✓  $E > 0,80$  : peuplement en équilibre.
- ✓  $0,80 > E > 0,65$  : peuplement en léger déséquilibre.
- ✓  $0,65 > E > 0,50$  : peuplement en déséquilibre.
- ✓  $0,50 > E > 0$  : peuplement en déséquilibre fort.
- ✓  $E = 0$  : peuplement inexistant.

Cet indice varie de 0 à 1. En effet, il tend vers 0 lorsqu'une espèce domine largement, et il est égal à 1, lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Frontier *et al.*, 2008).

**IV. Présentation de la zone d'étude :**

**1. Situation géographique de la région d'étude :**

La wilaya de Tébessa fait partie des hautes plaines constantinoises. Elle est située à l'extrême Nord-est de l'Algérie. Elle est délimitée au Nord par la wilaya de Souk-ahras, à l'Ouest par la

wilaya d'Oum el Bouaghi et Khenchela, au Sud par la wilaya d'El Oued et à l'Est, sur 300 Km de frontières, par la Tunisie. La wilaya de Tébessa avec ses 13878 Km<sup>2</sup>, se rattache naturellement à l'immense étendue steppique du pays (Fig.22)

Afin de mener à bien nos recherches, une collection d'échantillons a été faite dans deux sites appartenant à la wilaya de Tébessa et qui sont :

- **Negrine** : A 150 km du sud de Tébessa ville, à une altitude de 260 mètres, elle est limitée à l'est par la frontière avec la République de Tunisie, à l'Ouest par la commune de Ferkane et la commune de Tlidjen, au Nord par la daïra de Bir El Ater et en fin au Sud par la wilaya d'Oued Souf.
- **Gourigueur** : A 70 km du Ouest de Tébessa, elle est limitée à l'Est par Meskiana, à l'Ouest par Bedjen et El Mezeraa , au Nord par la commune de Dhalaa et au Sud par la commune de Cheria.



**Figure 24.** Situation géographique de la wilaya de Tébessa.

### **1.1. Site de Negrine (34° 28' 36" N, 7° 30' 17" E, Altitude : 260 mètres)**

La zone d'étude est située dans les palmeraies de Negrine à côté de la vieille ville. C'est

une zone agricole, il y a divers arbres fruitiers, dont la plupart sont des palmiers, des oliviers ... etc. Ces forêts sont périodiquement irriguées par les agriculteurs avec de l'eau (fig.25).



**Figure 25.** Situation géographique de site de Negrine (Google Earth).

**1.2. Site de Gourigueur (35° 26' 50" N, 7° 34' 42" E, Altitude : 1000 mètres)**

Des échantillons ont été prélevés le long des berges d'un cours d'eau (Oued Rafraf). Il est situé dans le Nord de la commune de Gourigueur traversant des terres agricoles fertiles (fig.26)



**Figure 26.** Situation géographique de site de Guorigueur (Google Earth).

## 2.Climat général :

La région de Tébessa étant une zone de transition météorologique, elle est considérée comme une zone agropastorale avec une présence d'un nombre important de phénomènes (pluie, neige, chasse neige, gelée, grêle, et vent violent). La wilaya de Tébessa se distingue par quatre étages bioclimatiques :

- **Le subhumide (de 400 à 500 mm/an)** : très peu étendu, elle ne couvre que quelques îlots limités (les sommets des reliefs : Djebel Serdies et Djebel Bouroumane).
- **Le semi-aride (de 300 à 400 mm/an)** : représenté par les sous étages frais et froid, il couvre toute la partie nord de la wilaya.
- **Le sub-aride (de 200 à 300 mm/an)** : il couvre les plateaux steppiques (d'Oum Ali, Saf-Saf el Ousra, Thlidjene et Bir El Ater ).
- **L'aride ou Saharienne doux (inférieur à 200 mm/an)** : commence et se prolonge au-delà de l'Atlas saharien et couvre les plateaux de Negrine et Ferkene.

La faiblesse de la pluviométrie est le caractère fondamental le plus significatif de la région de Tébessa cette dernière décennie. Cette pluviométrie est extrêmement variable de (1 mm à 48 mm) et présente parfois un caractère violent lié à des orages.

La région de Tébessa est caractérisée par un hiver froid et un été très chaud (Fig.27). L'analyse des variations mensuelles des précipitations et des températures basée sur les données climatiques fournies par la station météorologique de Tébessa sur une période s'étalant sur 45 ans (1972-2017).

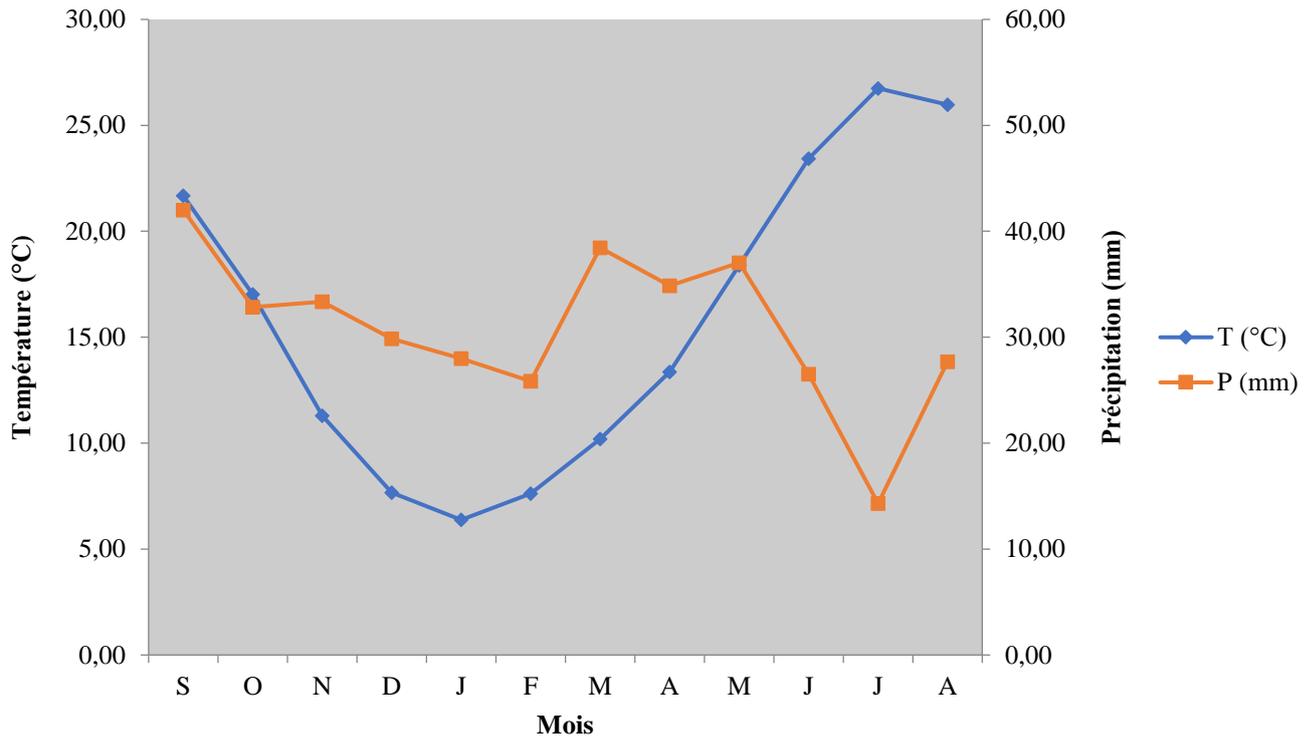


Figure 27. Diagramme ombrothermique de Tébessa (1972-2017)

### 3. Températures et précipitation :

Le site de Negrine est caractérisé par le plus forte temperature et des valeurs de précipitation comprise entre 11,8 et 25,4 C°. D'autre part, le site de Gourigueur est caractérisé par des températures inférieures à celles de Negrine. Par contre, les précipitations sont plus élevées que celles de Negrine.

Tableau 1 : température et précipitation dans les deux sites pendant la période d'étude (MSN Météo, 2018)

	Negrine		Gourigueur	
	Température C°	Précipitation (mm)	Température C°	Précipitation (mm)
Janvier	11,8	15,5	6,95	27,9
Février	13,65	5,7	7,8	19,8
Mars	17,1	9,3	10,7	34,1
Avril	20,8	18	13,85	36
Mai	25,4	6,2	18,65	37,2

# Résultats

**1. Inventaire et biodiversité :**

Parmi 373 individus collectés, 59 (15,81 %) sont des adultes reliés à 38 prélèvements pendant la période s'étalant entre Janvier et Mai (Tab : 2). Trois espèces sont identifiées, appartenant à la famille Lumbricidae, comprenant *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Eiseniella tetraedra*.

**Tableau 2 :** Dates de collecte des vers de terre dans les deux sites d'étude.

	<b>Negrine</b>	<b>Gourigueur</b>
<b>Dates</b>	27/01/2018	21/01/2018
	17/02/2018	11/02/2018
	17/03/2018	03/03/2018
	21/04/2018	14/04/2018
	01/05/2018	01/05/2018

**1.1. Morphologie des vers de terre :**

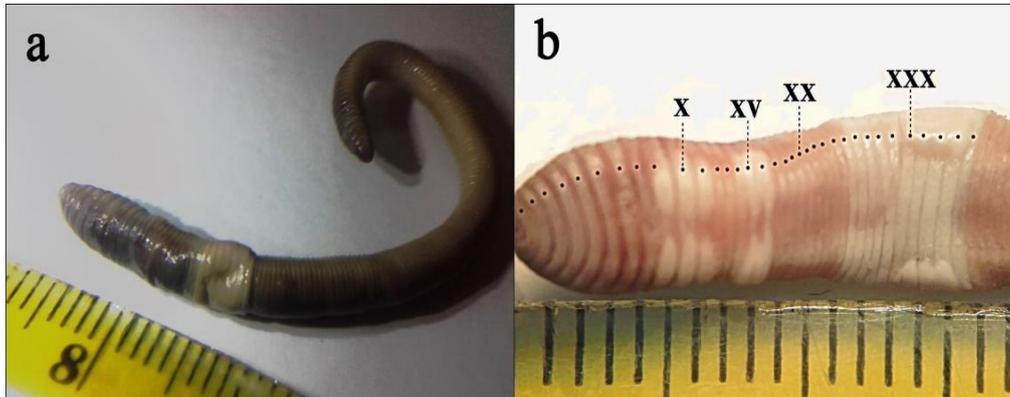
Dans les deux sites explorés, on a récolté trois espèces appartenant à la famille Lumbricidae. Chaque espèce a ses propres caractéristiques (Tab : 3). Ainsi, *A. caliginosa* est l'espèce ayant la plus grande taille. Par contre, *E. tetraedra* et *A. rosea* ont les plus petites tailles. D'autre part, la couleur des différentes espèces varie de rose claire au marron.

**Tableau 3 :** Comparaison entre les caractéristiques des différentes espèces de vers de terre collectées dans les sites d'étude.

<b>Espèce</b>	<i>A. caliginosa</i>	<i>A. rosea</i>	<i>E. tetraedra</i>
<b>Caractéristique</b>			
<b>Longueur (mm)</b>	55-150	30-90	30
<b>Diamètre (mm)</b>	3-5	1,5-5	1,5
<b>Nombre de segments</b>	78-182	52-155	68
<b>Couleur</b>	Marron	Rose clair	Rose
<b>Forme</b>	Cylindrique	Cylindrique	Cylindrique
<b>Prostomium</b>	Epilobique	Epilobique	Epilobique
<b>Clitellum</b>	24(25) (26) -34	24(26) -32	23-26
<b>Tubercula pubertatis</b>	31-33	29-31	23-25
<b>Setae</b>	gémisés	gémisés	gémisés
<b>Pore mâle</b>	15	15	13

### 1.1.1. *Aporrectodea caliginosa* :

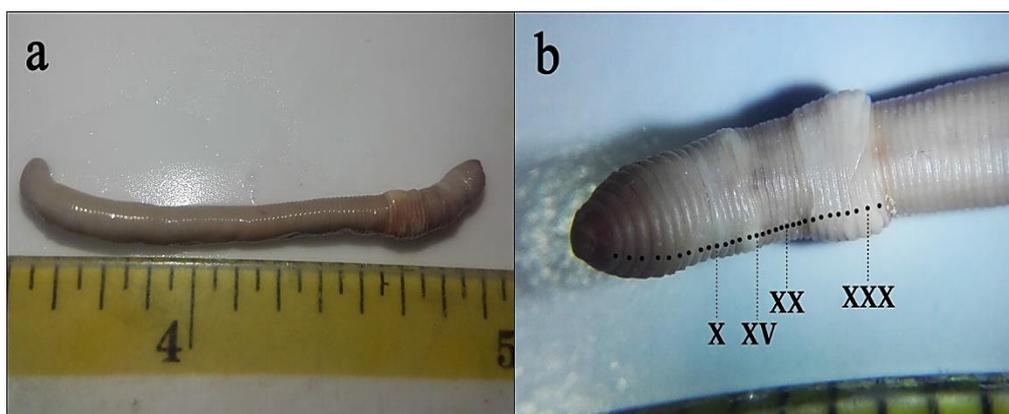
Cette espèce est présente dans les différents sites étudiés (Fig. 28). Elle est caractérisée par la couleur marron avec des gradients dorso-ventral et antéro-postérieur. De plus, son clitellum est compris entre le 24<sup>ème</sup> et 34<sup>ème</sup> segment et les tubercules pubères entre le 31<sup>ème</sup> et le 33<sup>ème</sup> segment.



**Figure 28.** Morphologie d'*A. caliginosa*, (a) aspect général, (b) région clitellienne (photo personnelle).

### 1.1.2. *Aporrectodea rosea* :

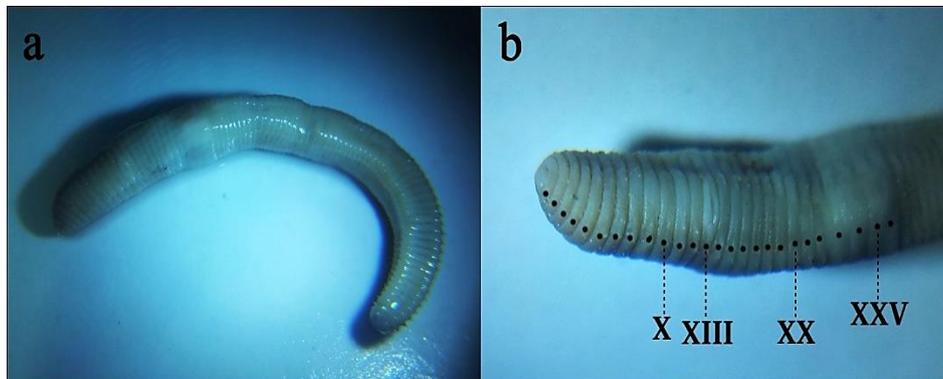
On a remarqué la présence de cette espèce dans les différents sites d'étude. Cette espèce est caractérisée par la couleur rose claire. En plus, *A. rosea* a un clitellum compris entre le 24(26)<sup>ème</sup> et 32<sup>ème</sup> segment et des tubercules pubères entre le 29<sup>ème</sup> et le 31<sup>ème</sup> segment (Fig. 29).



**Figure 29.** Morphologie d'*A. rosea* : (a) aspect général, (b) région clitellienne (photo personnelle).

**1.1.3. Eiseniella tetraedra :**

Cette espèce est présente dans le site de Gourigueur. *E. tetraedra* a un clitellum compris entre le 23<sup>ème</sup> et 26<sup>ème</sup> segment et des tubercules pubères entre le 23<sup>ème</sup> et le 25<sup>ème</sup> segment (Fig. 30).



**Figure 30.** Morphologie d’*E.tetraedra*, (a) aspect général, (b) région clitellienne (photo personnelle).

**2. Les indices écologiques :**

Les indices écologiques étudiés sont les indices de composition et les indices de structure en l’occurrence : l’abondance, la richesse totale, la fréquence centésimale, la diversité et l’équitabilité.

**2.1. L’abondance :**

Le nombre d’individus des différentes espèces est très variable entre les deux sites d’étude. Les espèces retrouvées en grand nombre dans le site d’étude de Negrine sont *A.caliginosa* et *A.rosea*. Par contre, à Gourigueur nous remarquons qu’il y a un grand nombre de *A.caliginosa*, avec la présence d’un seul individu de *A.rosea* et un seul individu de *E.tetraedra* (Tab : 4).

**Tableau 4 :** Nombre d’individus (ni) des différentes espèces récoltées pendant la période d’étude.

Espèce \ Site	Negrine	Gourigueur
<i>A.caliginosa</i>	18	27
<i>A.rosea</i>	12	1
<i>E.tetraedra</i>	0	1

## 2.2. Fréquence centésimale (Abondance relative AR %) :

Les pourcentages des différentes espèces représentés dans la figure 31, révèlent une dominance d'*A. caliginosa* au niveau des deux sites d'étude. Par contre, dans le site de Gourigueur *A.rosea* ne représente qu'une très faible proportion ainsi que *E.tetraedra* qui n'est pas présente dans le site de Negrine.

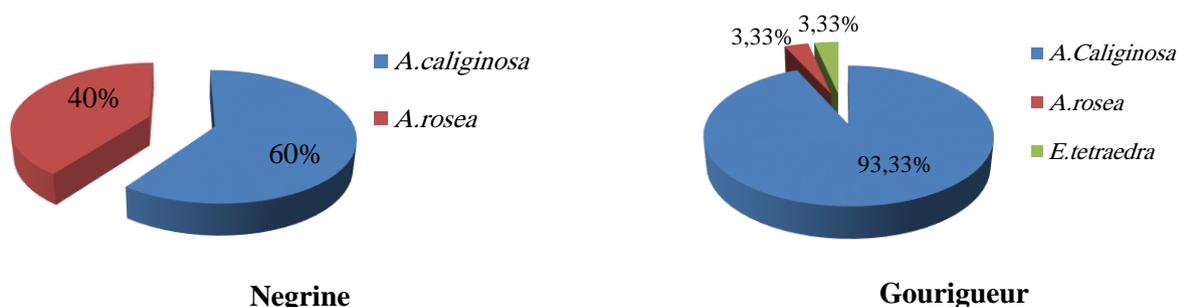


Figure 31. Pourcentage des différentes espèces recensées dans les différents sites pendant la période d'étude.

## 2.3. Richesse totale (S) :

Les résultats montrent que La richesse totale (S) est différente dans les deux sites. Elle est de 03 espèces dans le site de Gourigueur. Dans la palmeraie de Negrine on n'a trouvé que 02 espèces Pendant la période d'étude (Tab : 5).

Tableau 5 : La richesse totale dans les sites étudiés

	Negrine	Gourigueur
Richesse totale (S)	2	3

## 2.4. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et de l'équitabilité:

Les résultats relatifs aux indices de diversité et d'équitabilité sont indiqués sur la figure 32. La diversité (H') des peuplements de vers de terre varie considérablement entre les deux sites étudiés. Le site de Gourigueur est caractérisé par la plus faible valeur avec 0,43 Bit. Par contre, le site de Negrine représente la plus haute valeur avec 0,97 Bit. Les valeurs de l'équitabilité montrent que le site Gourigueur est déséquilibré alors que l'autre site de Negrine est en état d'équilibre (Tab : 6).

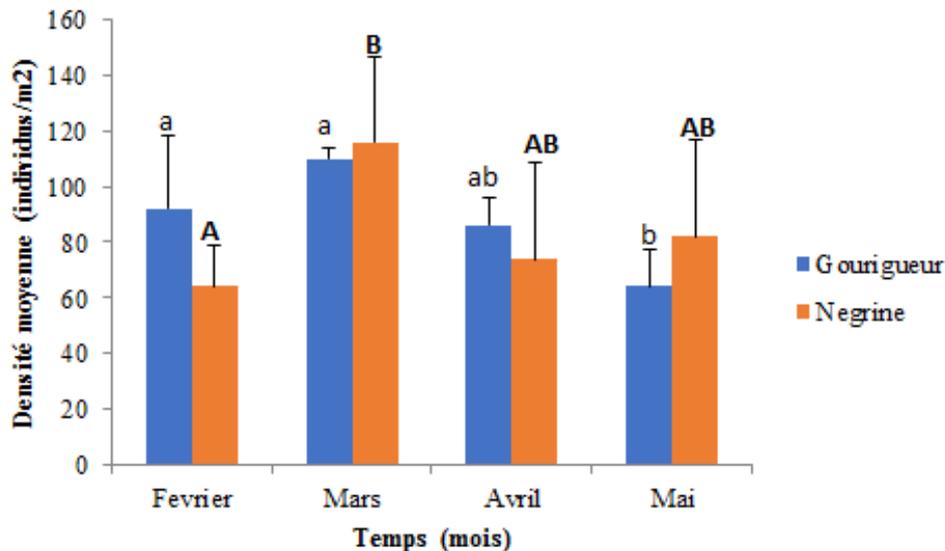
**Tableau 6 :** La diversité ( $H'$ ) et l'équitabilité ( $E$ ) des vers de terre dans les deux sites étudiés.

Site	Shannon	Equitabilité
Negrine	0,97	0,49
Gourigueur	0,43	0,14

### 3. Densité et biomasse :

#### 3.1. Densité totale :

La densité moyenne des vers de terre (Fig. 32) est calculée sur les différents sites d'échantillonnage. On a remarqué que la densité en vers varie significativement en fonction du temps ( $p=0,011$ ) mais pas en fonction du site ( $p=0,641$ ). La densité la plus élevée est enregistrée en mois de mars avec un maximum de 116 individus/m<sup>2</sup> à Negrine.

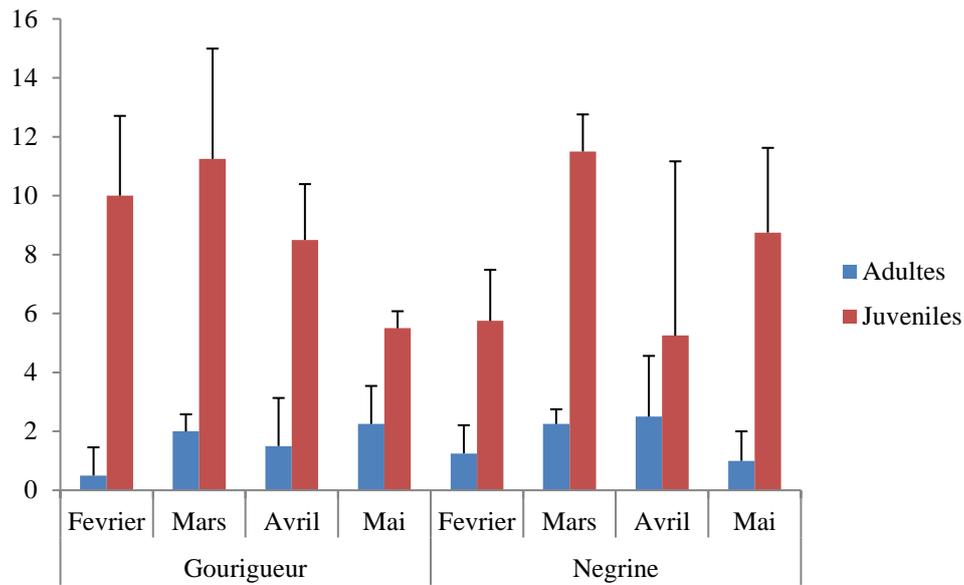


**Figure 32.** Histogramme de la densité moyenne des vers de terre dans les différents sites au cours de la période d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=4$ ).

(Les différentes lettres minuscules indiquent une différence significative entre mois à Gourigueur ; les différentes lettres majuscules indiquent une différence significative entre mois à Negrine).

#### 3.2. Densité relative au stade de développement:

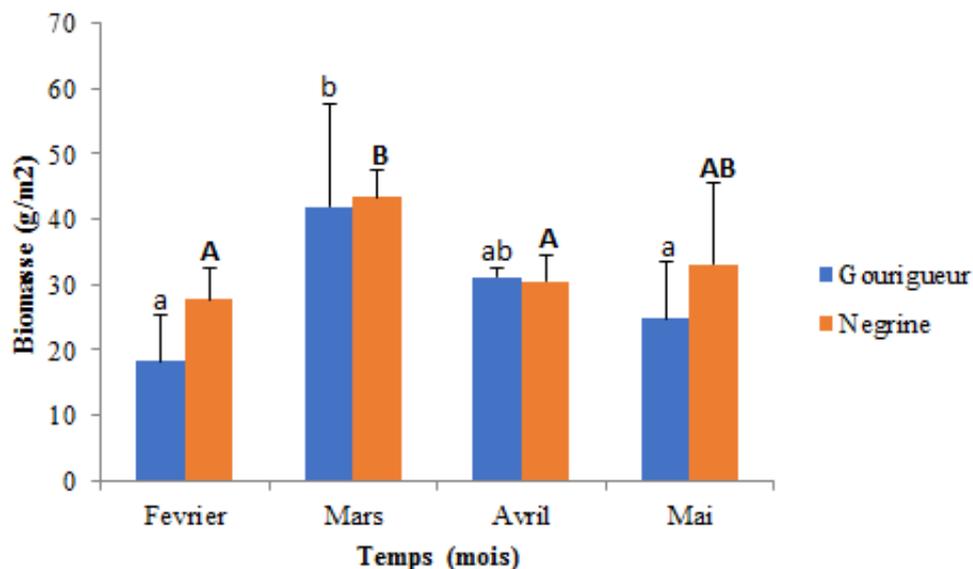
On note une différence significative entre la proportion des vers juvéniles et celle des vers adultes (Fig. 33) dans le site de Gourigueur ( $p=0,000$ ) au cours de la période d'étude ( $p=0,047$ ). D'autre part, le site de Negrine abrite une densité en juvéniles significativement supérieure à celle des adultes ( $p=0,000$ ) mais pas en fonction du temps ( $p=0,155$ ).



**Figure 33.** Histogramme de la densité des vers adultes et juvéniles au cours de la période d'étude dans les différents sites ( $m \pm s$ ,  $n=4$ ).

### 3.3. La biomasse :

La biomasse moyenne des vers de terre (Fig. 34) varie significativement en fonction du temps ( $p=0,001$ ) contrairement au site ( $p=0,137$ ). Elle atteint un maximum de  $43,41 \text{ g/m}^2$  au site de Negrine en mois de mars et un minimum à Gourigueur en mois de février avec une valeur de  $18,22 \text{ g/m}^2$ .



**Figure 34.** Histogramme de la biomasse des vers de terre au niveau des sites échantillonnés au cours de la période d'étude ( $m \pm s$ ,  $n=4$ ).

(Les différentes lettres minuscules indiquent une différence significative entre mois à Gourigueur ; les différentes lettres majuscules indiquent une différence significative entre mois à Negrine).

# Discussion

## 1. La biodiversité :

Dans notre travail, nous sommes basés sur la morphologie externe et la biométrie. En nous servant de ces critères, nous avons pu reconnaître les espèces décrites auparavant et définir les espèces échantillonnées.

Nous avons recensé 03 espèces lombriciennes représentées par la famille Lumbricidae : *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Eiseniella tetraedra*. Parmi ces espèces, 02 sont signalées par Litim et Zoughlami (2015) dans le site d'El-Merdja à Tébessa et par Labchaki et Merah (2016) dans les deux sites d'El Malabiod et El Hammamet. Les 3 espèces sont signalées par BAZRI (2015) dans l'Est d'Algérie, El-Okki et *al.* (2013) dans l'oued el kebir ainsi que Baha (1997) dans la plaine de Metidja.

Le pourcentage de dominance révèle que l'espèce la plus fréquente est *A. caliginosa* au niveau des deux sites d'étude, 60% dans le palmerais de Negrine et 93,33% à Gourigreur. L'espèce *A. caliginosa* pourrait être présente dans tous les types de substrat même dans les sols sablonneux pauvres (Nikita, 2006 ; Pérez-Losada et *al.*, 2009).

L'espèce *Ap. rosea* est fréquente dans le site de Negrine. Ce résultat est comparable à celui de BAZRI, (2015) qui constatait que cette espèce fréquente les zones semi-arides et arides dans les points où il y a suffisamment d'eau.

*E. Tetraedra* décrite pour la 1<sup>ère</sup> fois dans la région de Tébessa. Il a été trouvé à côté d'Oued Rafraf à Gourigreur. Selon Edwards et Bohlen, (1996), *E. tetraedra* est une espèce typiquement ripicole, fréquente les milieux moyennement organiques des bords de rivières. *E.tetraedra* est une espèce cosmopolite largement distribuée. Elle est connue dans toute l'Europe, au Turkestan et dans le bassin méditerranéen. Elle est largement établie en Amérique du Nord et du Sud Afrique, Inde, Australie et Nouvelle-Zélande (Bouché, 1972). Elle n'est pas directement liée à la culture humaine et elle n'est pas intentionnellement transportée par l'activité anthropique (Terhivuo, 2011).

La richesse en espèces dans les deux sites étudiés est caractérisée par des valeurs de l'indice de biodiversité de Shannon relativement faibles avec une valeur maximale de 0,97 Bit. Cette réduction de biodiversité est peut-être due aux conditions climatiques, notamment l'humidité du sol habituellement sec dans notre terrain d'étude, qui ne sont pas très favorables au développement et à la dispersion des vers de terre et limitent leurs biodiversité (Omodeo et *al.*, 2003).

Selon Decaëns (2010), la biodiversité terrestre diminue avec l'altitude, ceci est aussi le cas des vers de terre comme signalé par Bouché (1972), Mato et *al.* (1984). Ainsi, nous avons trouvé que le site de Gourigueur, caractérisé par un étage bioclimatique semi-aride et son altitude dépasse 1000 m, est caractérisé par la plus faible valeur avec 0,43 Bit par contre la valeur de l'indice de Shannon dans la palmeraie de Negrine est 0,97 Bit avec une altitude de 260 m et un climat aride.

D'autre part, les conditions climatiques dans les palmeraies peuvent être mises en cause. Les palmeraies sont considérées comme un microclimat où le sol étant périodiquement irrigué avec des températures basses dues à la couverture végétale. Nos résultats concordent ceux d'Omideo et *al.* (2003) qui estiment que la biodiversité est faible sur l'ensemble du territoire Maghrébin (Maroc, Algérie et Tunisie). En effet, ils n'ont signalé que 38 espèces dont 24 se trouvent en Algérie. Ainsi, dans le secteur algérois, Baha (1997) a recensé 11 espèces. Dans le Constantinois, Ouahrani (2003) a déterminé 11 espèces et dans la vallée du Soummam dans la Kabylie, Kherbouche et *al.* (2012) ont signalé 5 espèces (*Apporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Allolobophora chlorotica*, *Octodrilus complanatus* et *Microscolex dubius*).

Aussi, l'indice d'équitabilité varie de 0 à 1. En effet, il tend vers 0 lorsqu'une espèce domine largement, et il est égal à 1, lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Frontier et *al.*, 2008). C'est le cas dans les sites étudiés où cet indice prend une valeur égale à 0,19 dans le site de Gourigueur, qui est dominé par l'espèce *A. caliginosa*, et prend la valeur de 0,52 dans le site de Negrine, qui abrite deux espèces à abondance proche.

## 2. La densité :

La densité la plus élevée est enregistrée en mois de mars avec un maximum de 116 individus/m<sup>2</sup> à Negrine. Ces résultats sont inférieurs à ceux de Litim et Zoughlami (2015) dans le site d'El-Merdja à Tébessa et ceux de Labchaki et Merah (2016) dans les deux sites d'El Malabiod et El Hammamet. Par contre, nos résultats sont beaucoup plus élevés à ceux obtenus par Hammou, (2014) qui note des valeurs de densité variant de 21 ind/m<sup>2</sup> à 84 ind/m<sup>2</sup>, dans la région d'El Hodna (Etage bioclimatique aride). Bazri, (2015) confirme que certaines espèces lombriciennes peuvent avoir des densités élevées dans l'étage bioclimatique aride lorsque les conditions sont propices surtout l'humidité du sol.

Les résultats montrent que dans les deux sites, la moyenne des juvéniles est supérieure à celle des sub-adultes et des adultes (74% de juvéniles contre 16,66 % d'adultes à Negrine et 80,57% de juvéniles contre 13,71% d'adultes à Gourigueur).

L'échantillonnage des lombriciens s'est effectué entre janvier et mai qui est, probablement, une période propice pour l'activité des lombriciens dans le climat Algérien ; la raison pour laquelle les juvéniles sont important (Bazri, 2015). Dans cette saison, l'activité et l'abondance des vers est à son pic, où l'éclosion de récents juvéniles a un effet remarquable (Reynolds 1977 ; Shakir and Dindal 1997).

### **3. Biomasse :**

Dans nos sites d'étude, la biomasse moyenne atteint un maximum de 43,41 g/m<sup>2</sup> au site de Negrine en mois de mars et un minimum à Gourigueur en mois de février avec une valeur de 18,22 g/m<sup>2</sup>. Ces résultats sont inférieurs à ceux de Litim et Zoughlami (2015) dans le site d'El-Merdja à Tébessa et ceux de Labchaki et Merah (2016) dans les deux sites d'El Malabiod et El Hammamet. Similairement, nos résultats sont nettement plus faibles par rapport aux gammes de variation des biomasses lombriciennes sur l'ensemble des sites du programme bio-indicateur 2 en Bretagne (Cluzeau et *al.*, 2012).

Par contre, nos résultats sont beaucoup plus élevés à ceux obtenus par Hammou, (2014) qui note des valeurs de biomasse variant de 5,84 g/m<sup>2</sup> à 18,2 g/m<sup>2</sup>, dans la région d'El Hodna.

Cette différence de résultats peut être expliquée par la différence des conditions climatiques ainsi que le type de terrain exploré.

**Conclusion**

## Conclusion

Notre étude est réalisée dans la région de Tébessa au niveau de deux sites (Negrine et Gourigueur) où nous avons effectués quatre prélèvements dans chacune. Afin de décrire la faune lombricienne et d'avoir une idée plus ou moins précise sur la biodiversité et la démo écologie (densité et biomasse) des vers de terre.

Sur le plan géographique et climatique, la région de Tébessa est située à l'extrême Nord-est de l'Algérie, elle s'étend depuis l'étage subhumide (de 400 à 500 mm/an) dans quelques ilots limités (les sommets des reliefs : Djebel Serdies et Djebel Bouroumane) à l'étage aride (inférieur à 200 mm/an) au Sud dans les plateaux de Negrine et Ferkene.

Sur le plan biodiversité, 03 espèces lombriciennes sont recensées dans cette étude. Elles sont représentées par la famille Lumbricidae :

- ✓ *Aporrectodea caliginosa*
- ✓ *Aporrectodea rosea*
- ✓ *Eiseniella tetraedra*

Dans ce travail nous signalons pour la première fois la présence de l'espèce *Eiseniella tetraedra* dans le site de Gourigueur. Dans ce site, *A. caliginosa* est la plus abondante avec 93,33%, la même espèce domine dans les palmeraies de Negrine (60%).

Les moyennes de la biomasse et la densité des vers de terre dans nos stations d'échantillonnage sont comme suit : 33,71 g/m<sup>2</sup> et 84 individus/m<sup>2</sup> à Negrine, 29,01 g/m<sup>2</sup> et 88 individus/m<sup>2</sup> à Gourigueur

Les résultats montrent que dans les deux sites, la moyenne des juvéniles est supérieure à celle des sub-adultes et des adultes (74% de juvéniles contre 16,66 % d'adultes à Negrine et 80,57% de juvéniles contre 13,71% d'adultes à Gourigueur). ce résultat confirme que cette période est, probablement, propice pour l'activité des lombriciens dans le climat Algérien.

A l'avenir il serait judicieux de :

- ✓ Réaliser des prélèvements de vers de terre par une méthode chimique (la moutarde) complémenté par la méthode physique puisque cette dernière méthode est moins efficace pour l'extraction des espèces anéciques.
- ✓ Augmenter le nombre de prélèvements dans chaque site afin d'avoir une estimation plus précise de la biodiversité et la démo écologie des vers.
- ✓ Elargir la zone d'étude en couvrant les différents types de terrains (terrain cultivé, prairie, forêt ...)

# **Références bibliographiques**

Références Bibliographiques

**B**

**01-Bachelier, G. (1978).** La faune des sols, son écologie et son action, Initiations Documentations Techniques. *ORST OM, Paris*, 391p.

**02-Baha, M. (1997).** The earthworm fauna of Mitidja, Alegria. *Trop. Zool.* 10, 247-254p.

**03-Baha, M., & Berra, S. (2001).** *Proselodrilus doumandjii* n. sp., a new lumbricid from Algeria. *Tropical Zoology*, 14(1), 87-93p.

**04-Bazri, K. (2015).** Etude de la biodiversité des lombriciens et leurs relations avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatiques, dans l'Est Algérien. *These doctorat*, 188p.

**05-Bazri, K., Ouahrani G., Gheribi-Aoulmi Z., Diaz consin D.J. (2013).** La diversité des lombriciens dans l'Est Algerien de puis la cote jusqu'au désert ecologia mediterranea- vol.39(2) -2012.

**06-Bazri, K., (2014).** Etude de la biodiversité des lombriciens et leurs relations avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatiques, dans l'Est Algérien. Thèse de Doctorat en sciences, Université Mentouri Constantine. 188p

**07-Bouché, M. B. (1972).** Lombriciens de France, écologie et systématique. I.N.R.A. *Ann. Zool.- écol. anim. Numéro hors-série 72/2, Paris*, 671p.

**08-Bouché M.B., (2003).** Vers de terre, de Darwin à nos jours. Un révélateur heuristique. Académie des Sciences et lettres de Montpellier. Séance du 2 juin 2003, Conférence no 3826. Montpellier, France.

**09-Bouillin, J. P. (1986).** Le " bassin maghrebin"; une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique a l'ouest des Alpes. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2(4), 547-558p.

**10-Boström U. et Lofs-Holmin A., 1986.** Growth of earthworms (*Allolobophora caliginosa*) fed on shoots and roots of barley, meadow fescue, and Lucerne: studies in relation to particule size, protein, crude fiber and toxicity. *Pedologia*. 29, 1-12p.

**11-Bustos-Obregón, E., & Goicochea, R. I. (2002).** Pesticide soil contamination mainly affects earthworm male reproductive parameters. *Asian journal of andrology*, 4(3), 195-200p.

**C**

**12-Cluzeau, D., Blanchart, E., Pérès, G., Ablain, F., Cuendet, G., Fayolle, L., & Lavelle, P. (2005).** Faune du sol et Lombriciens dans les sols tempérés agricoles.

**13-Cluzeau, Daniel, et al. (2005).** Faune du sol et Lombriciens dans les sols tempérés agricoles 386-407p.

**14-Curry, J. P. (1998).** Factors affecting earthworm abundance in soils. . In Edwards, C. A. (eds), *Earthworm Ecology*. Boca Raton, St. Lucie Press,389p.

**D**

**15-Darwin, C. R. (1881).** The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms with Observations on Their Habits (Murray, London). *Formation of vegetable mould, through the action of worms, with observations on their habits. J. Murray, London.*

**16-Decaëns, T. (2010).** Macroecological patterns in soil communities. *Global Ecology and Biogeography*, 19(3), 287-302p.

**17-Deprince, A. (2003).** La faune du sol. Diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 49(49), 123-138p.

**E**

**18-Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996).** *Biology and ecology of earthworms* (Vol. 3). Springer Science & Business Media. London, 426 p.

**19-Edwards, C. A., & Lofty, J. R. (1982).** Nitrogenous fertilizers and earthworm populations in agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 14(5), 515-521p.

**20-Edwards, C. A., & Lofty, J. R. (1977).** *Biology of earthworms-2.*

**21-El-Duweini, A. K., & Ghabbour, S. I. (1965).** Population density and biomass of earthworms in different types of Egyptian soils. *Journal of Applied Ecology*, 271-287p.

**22-Evans, A. C., & Guild, W. M. (1947).** LIX.—Some notes on reproduction in British earthworms. *Journal of Natural History*, 14(117), 654-659p.

**23-Evans A.C. & Guild W.J.M.C. (1948).** Studies on the relationships between earthworm and soil fertility. V *Field populations. Ann. Appl. Biol*, 35 (4) ,485-493.

**G**

**24-Girard, M.C.,Walter,C.,Rémy, J.C., Berthelin,J. et Morel,J.L, (2005).** Sols et environnement 2<sup>e</sup> cycle. Cours, exercices et études de cas. Paris, 386-407p.

**25-Guild,W.J.M. L., (1948).** The effect of soil type on the structure of earthworm populations.

*Ann. Appl. Biol.* 35,181-192p.

### H

**26-Hammou K., (2014).** Contribution à l'étude de la biodiversité des lombriciens dans la région d'el Hodna (Algérie). Mémoire de master en science, protection et conservation des écosystèmes, facultés des sciences de la nature et de la vie-département de biologie et écologie végétale, université constantine1.46P.

**27-Hartenstein, R., & Amico,L.(1983).** Production and carrying capacity for the earthworm *Lumbricus terrestris* in culture. *Soil Biology and Biochemistry*, 15(1), 51-54p.

**28-Herger P.,(2003).** Regenwürm. Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid, NaturMuseum Luzern, Wolhusen. 49 p.

### J

**29-James, S.W. (1991).** Soil, nitrogen, phosphorus, and organic-matter processing by earthworms in tallgrass prairie. *Ecology*, 72, 2101-2109p.

**30-Jenny, M.,Stöckli, S., Birrer,S.,& Pfiffner, L. (2013).** Mit Vielfalt punkten-Bauern messen Biodiversität. *HOTSPOT*, 28, 24p.

**31-Jones, C. G., Lawton, J. H., & Shachak, M. (1994).** Organisms as ecosystem engineers. In *Ecosystem management* Springer, New York,130-147p.

### K

**32-Kherbouche D., Bernhard-Reversat F., Moali A. et Lavelle P., (2012).** The effect of crops and farming practices on earthworm communities in Soummam valley, Algeria. *European Journal of Soil Biology*.(48),17-23p.

### L

**33-Labchaki, H et Merah,M., (2016).** Exploration des oligochetes terrestre 2sites el d'El Malabiod et El Hammamet.Master,Université deTébessa,63p.

**34-Lakhani, K.H., & Satchell, J. E. (1970).** Production by *Lumbricus terrestris* (L.). *The Journal of Animal Ecology*, 473-492p

**35-Lavelle P., & Spain A .V. (2001).** Soil ecology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 654p.

**36-Le Bayon, R. C., & Binet, F. (1999).** Rainfall effects on erosion of earthworm casts and phosphorus transfers by water runoff. *Biology and Fertility of Soils*, 30(1-2), 7-13p.

**37-Lee, K.E. (1985).** *Earthworms their ecology and relationships with soils and land use.* Academic Pres, New York, 411p.

**38-Litim, H. et Zoughlami, N, (2015).** Contribution à l'étude systématique des oligochètes terrestres dans la région d'El-merdja –Tebessa. master, Université de Tébessa , 52p.

**39-Lofs-Holmin, A. (1983).** Influence of agricultural practices on earthworms (Lumbricidae). *Acta Agricult. Scand.* 33, 225-234p.

M

**40-Mato, S., Díaz Cosín, D. J., & Calvín, E. B. (1984).** Lombrices de tierra del bosque de los Cabaniños (Lumbricidae, Oligochaeta);(Sierra de los Ancares, Lugo, España). *Revue d'écologie et de biologie du sol*, 21(1), 65-76p.

**41-Mele, P. M., & Carter, M. R. (1999).** Impact of crop management factors in conservation tillage farming on earthworm density, age structure and species abundance in south-eastern Australia. *Soil and Tillage Research*, 50(1), 1-10p.

N

**42- Nikita Hamel, N. S., & Whalen, J. K. (2006).** Growth rates of *Aporrectodea caliginosa* (Oligochaeta: Lumbricidae) as influenced by soil temperature and moisture in disturbed and undisturbed soil columns. *Pedobiologia*, 50(3), 207-215p.

O

**43-Omodeo, P., Rota, E., & Baha, M. (2003).** The megadrile fauna (Annelida: Oligochaeta) of Maghreb, a biogeographical and ecological characterization, The 7th international symposium on earthworm ecology. Cardiff. Wales. 2002. *Pedobiologia*, 47(5-6), 458-465p.

P

**44-Pelosi, C., Bertrand, M., Makowski, D., & Roger-Estrade, J. (2008).** WORMDYN: a model of *Lumbricus terrestris* population dynamics in agricultural fields. *ecological modelling*, 21(3-4), 219-234p.

**45-Pérez-Losada., Maigalida Ricoy., Jonathon C., Marshall. et Jorge Domínguez CIBIO., (2009).** Phylogenetic assessment of the earthworm *Aporrectodea caliginosa* species complex (Oligochaeta: Lumbricidae) based on mitochondrial and nuclear DNA sequences Marcos., *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 52, 293-302p.

**46-Pérès 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.

**47-Pérès G., Cluzeau D., Curmi P. et Hallaire V., (1998).** Earthworm activity and soil structure changes due to organic enrichments in vineyard systems. *Biol. Fertil. Soils*. **27**, 417-424p.

**48-Pfiffner, L. J., Villodas, M., Kaiser, N., Rooney, M., & McBurnett, K. (2013).** Educational outcomes of a collaborative school-home behavioral intervention for ADHD. *School Psychology Quarterly*, **28**(1), 25p.

**49-Phillipson, J., Abel, R., Steel, J., & Woodell, S. R. J. (1976).** Earthworms and the factors governing their distribution in an English beechwood. *Pedobiologia*, 258-285p.

**50-Puga-Freitas, R., Barot, S., Taconnat, L., Renou, J. P., & Blouin, M. (2012).** Signal molecules mediate the impact of the earthworm *Aporrectodea caliginosa* on growth, development and defence of the plant *Arabidopsis thaliana*. *PLoS One*, **7**(12), 49-504p.

**R**

**51-Razafindrakoto S. (2013).** Etude des interactions plante- vers de terre (*Dichogaster saliens*) dans les cultures de riz et de l'eleusine. Memoire de master, Université Athenee Saint Joseph Antsirabe, Madagascar, 87p.

**52-Reynolds, J. W. (1977).** *earthworms (Lumbricidae and Sparganophilidae) of Ontario*. Royal Ontario Museum.

**53-Rougerie R., Decaëns T., Deharveng L., Porco D., James S.W., Chang C.-H., Richard B., Potapov M., Suhardjono Y. & Hebert P.D.N., (2009).** DNA barcodes for soil animal taxonomy. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* **44**, 789-801p.

**S**

**54-Satchell, J. E. (1980).** Potential of the Silpho Moor experimental birch plots as a habitat for *Lumbricus terrestris*. *Soil Biology and Biochemistry*, **12**(4), 317-323p.

**55-Satchell, J. E. (1967).** Lumbricidae. *Soil biology*. Academic Press, London, 259-322p.

**56-Sims, R.W., & Gerard, B.M. (1999).** *Earthworms, Notes for the identification of British species*. Linnean Society of London and the Estuarine and Coastal Sciences Association, 167p.

**57-Stein, A., & Ettema, C. (2003).** An overview of spatial sampling procedures and experimental design of spatial studies for ecosystem comparisons. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **94**(1), 31-47p.

**58-Subedi, H.P., R.M. Saxena and J.W. Reynolds. (2018).** New records of earthworm species *Amyntas morrisoni*, *Perioyinx jorpokrensis* and *Perioyinx himalayanus* (Oligochaeta: Megascolecidae) from Sikkim, India. *Megadrilogica*, **23**(4), 69-77p

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**59-Svendsen, T. S., Hansen, P.E., Sommer,C., Martinussen,T.,Grønvold,J.,& Holter,P. (2005).** Life history characteristics of *Lumbricus terrestris* and effects of the veterinary antiparasitic compounds ivermectin and fenbendazole.*Soil Biology and Biochemistry*, 37(5), 927-936p.

### V

**60-Vigot, M., & Cluzeau,D. (2014).**Les vers de terre.*Chambre d'Agriculture de la Vienne. Vienne ,10p.*

**61-Villeneuve, F., & Désiré,C.(1965).** *Zoología* (No. Sirsi) ,450-642p.p