



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERRI DE TIZI-OUZOU  
Faculté des Sciences Biologiques et sciences Agronomiques  
Département de Biologie



# MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Ecologie Animale

Présenté par : **FOUCHAL Siham** et **FEZANI Sabrina**

## *Thème*

**Contribution à l'étude de la biodiversité des espèces  
lombriciennes dans deux stations Boghni et Azeffoune  
(Kabylie)**

Soutenu publiquement le 08 juillet 2019

Devant le jury composé de :

- ❖ **M<sup>me</sup> SADOUDI Djamila** Professeur – UMMTO Présidente
- ❖ **M<sup>me</sup> LANDRI Ghenima** Maitre assistant Classe A – UMMTO promotrice
- ❖ **M<sup>me</sup> SEKHI Samira** Maitre assistant Classe A – UMMTO Examinatrice

Promotion : 2018 - 2019

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01 :</b> La faune du sol .....	4
<b>Figure 02 :</b> Les zones où vivent les trois grands groupes de vers de terre .....	6
<b>Figure 03 :</b> Les catégories écologiques des vers de terre .....	7
<b>Figure 04 :</b> Groupes écologiques chez les vers de terre .....	9
<b>Figure 05 :</b> Schéma des caractères externes observables chez les vers de terre.....	10
<b>Figure 06 :</b> Les différents types de prostomium.....	11
<b>Figure 07 :</b> Dispositions des soies chez le ver de terre .....	13
<b>Figure 08 :</b> Anatomie interne d'un vers de terre (coupe latérale) .....	14
<b>Figure 09 :</b> Cycle de vie des vers de terre .....	18
<b>Figure 10 :</b> La répartition mondiale des produits phytosanitaires par catégorie de produits en 2002.....	24
<b>Figure 11 :</b> Les trois grandes familles de produits phytosanitaires .....	24
<b>Figure 12 :</b> Localisation géographique des stations d'étude Boghni et Azeffoune.....	25
<b>Figure 13 :</b> Terrain échantillonné à la station de Boghni .....	26
<b>Figure 14.</b> Végétation présente au niveau du terrain échantillonné à la région de Boghni.....	27
<b>Figure 15 :</b> Terrain échantillonné a la station d'Azeffoune .....	29
<b>Figure 16.</b> Végétation présente au niveau du terrain échantillonné à la région d'Azeffoune ...	30
<b>Figure 17 :</b> Diagramme ombrothermique de la région de Boghni .....	33
<b>Figure 18 :</b> Diagramme ombrothermique de la région d'Azeffoune .....	33
<b>Figure 19 :</b> Projection de la région de Boghni et d'Azeffoune dans le climagramme d'Emberger .....	35
<b>Figure 20 :</b> Plan d'échantillonnage appliqué pour la parcelle de Boghni .....	36
<b>Figure 21 :</b> Plan d'échantillonnage appliqué pour la parcelle d'Azeffoune .....	37
<b>Figure 22 :</b> Photo illustrant les différentes phases de prélèvement des vers de terre et de sol..	38
<b>Figure 23.</b> Photo illustrant le matériel utilisé pour la détermination de PH.....	41

---

<b>Figure 24.</b> Photo illustrant le matériel utilisé pour la détermination l'humidité hygroskopique..	42
<b>Figure 25 :</b> Photo illustrant le matériel utilisé pour la détermination du taux de matière organique du sol .....	43
<b>Figure 26 :</b> Classes granulométriques .....	44
<b>Figure 27 :</b> Photos illustrant les différentes phases suivies pour réaliser l'analyse granulométrique .....	45
<b>Figure 28 :</b> Critères d'identification d' <i>Allolobophora rosea</i> .....	52
<b>Figure29:</b> Critères d'identification d' <i>Octodrilus complanatus</i> .....	53
<b>Figure 30 :</b> Critères d'identification de <i>Nicodrilus caliginosus</i> .....	53
<b>Figure 31 :</b> Critères d'identification d' <i>Allolobophora caliginosa</i> .....	54
<b>Figure 32 :</b> Critères d'identification d' <i>Allolobophora chlorotica</i> .....	54
<b>Figure 33 :</b> (a) Vue ventrale de la partie antérieure, (b) cocon de l' <i>Allolobophora chlorotica</i> ..	55
<b>Figure 34 :</b> Vue ventrale de la partie antérieure d' <i>Amyntas sp</i> .....	55
<b>Figure 35 :</b> Critères d'identification d' <i>Allolobophora kabylianus</i> .....	56
<b>Figure 36 :</b> Biomasse des vers de terre dans chaque station .....	57
<b>Figure 37 :</b> Richesse spécifique.....	57
<b>Figure 38 :</b> Abondance relative des espèces lombriciennes dans chaque station .....	58
<b>Figure 39 :</b> Fréquence d'occurrence pour la station de Boghni .....	59
<b>Figure 40 :</b> Fréquence d'occurrence pour la station d'Azeffoune.....	60
<b>Figure 41 :</b> Indice de Shannon-Weaver de chaque station .....	60
<b>Figure 42 :</b> Equitabilité des espèces lombriciennes dans les deux stations.....	61

---

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 01</b> : Constituants physiques et chimiques du sol (Baize 1989).....	2
<b>Tableau 02</b> : Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre.....	6
<b>Tableau 03</b> : Variation climatiques annuelles de Boghni (2012 - 2017) .....	31
<b>Tableau 04</b> : Variation climatiques annuelles d’Azeffoune (2012 - 2017).....	32
<b>Tableau 05</b> : Paramètres physico-chimiques des sols échantillonnés.....	49
<b>Tableau 06</b> : Nombre d’individus récoltés dans la station de Boghni par familles et espèces...50	
<b>Tableau 07</b> : Nombre d’individus récoltés dans la station d’Azeffoune par familles et espèces..51	

## **LISTE DES ANNEXES**

**Annexe I :** Interprétation des valeurs de PH et de la matière organique

**Annexe II :** Protocole détaillée de l'analyse granulométrique

**Annexe III :** Résultats de l'indice de Shannon et Weaver

**Annexe IV :** Clé d'identification des espèces de vers de terre

**Annexe V :** Résultat du test Kolmogorov-Smirnov

**Annexe VI :** Résultats du test non-paramétrique Kruskal –Wallis

## Résumé

### Contribution à l'étude de la biodiversité des espèces lombriciennes dans deux régions (Boghni et Azeffoune) en Kabylie

Ce travail consiste à étudier la diversité des espèces lombriciennes dans deux régions de la Kabylie différentes sur le plan géographique, climatique et édaphique ( Azeffoune et Boghni), l'échantillonnage effectué a permis d'identifier huit espèces dans la région de Boghni : *Allolobophora chlorotica* (37,85% ), *Allolobophora rosea* (11,29%), *Octodrilus sp* (9,60%), *Allolobophora géorgi* (7,07%), *Allolobophora caliginosa* (1,98%), *Octodrilus complanatus* (1,98%), *Nicodrilus caliginosus* (28,53%) et *Amyntas sp* (1,69%), et trois espèces dans la région d'Azeffoune : *Allolobophora chlorotica* (62,29%), *Allolobophora kaylianus* (22,95%) et *Octodrilus complanatus* (14,75 %).

Par ailleurs, l'espèce *Allolobophora chlorotica* domine sur l'ensemble des deux sols échantillonnés.

L'étude a mis en évidence l'impact des facteurs physico-chimiques du sol sur la densité, l'abondance ainsi que la richesse spécifique des lombriciens recensés dans les deux stations d'étude en Kabylie

## Abstract

### Contribution to the study of the biodiversity of earthworm species in two regions (Boghni and Azeffoune) in Kabylia

This work consists in studying the diversity of earthworm species in two regions of kabylia, geographically, climatically and edaphically different (Azeffoune and Boghni) whose sampling has identified eight species in the Boghni region: *Allolobophora chlorotica* (37.85%), *Allolobophora rosea* (11.29%), *Octodrilus sp* (9.60%), *Allolobophora georgi* (7.07%), *Allolobophora caliginosa* (1.98%), *Octodrilus complanatus* (1.98%) ), *Nicodrilus caliginosus* (28.53%) and *Amyntas sp* (1.69%), and three species in the Azeffoune region: *Allolobophora chlorotica* (62.29%), *Allolobophora kaylianus* (22.95%) and *Octodrilus complanatus* (14.75%).

In addition, the *Allolobophora chlorotica* species dominates the two sampled soils.

The study demonstrated the impact of physico-chemical soil factors on the density, abundance and specific richness of the identified earthworms in the two study regions.

## *Remerciements*

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance envers notre promotrice, Madame **LANDRI Ghenima**, d'avoir accepté de nous encadrer, et de nous avoir fait confiance, nous la remercions pour ses précieux conseils, son aide précieuse, son écoute, sa disponibilité et pour nous avoir guidé rigoureusement tout au long de la réalisation de ce travail, qu'elle trouve ici l'expression de nos meilleurs sentiments et de notre plus profonde gratitude.

Nous remercions les membres du jury : **M<sup>me</sup> SADOUDI Djamila** et **M<sup>me</sup> SEKHI Samira** de nous avoir fait le grand honneur d'accepter de juger et critiquer notre travail, qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nos vifs remerciements aux ingénieurs des laboratoires de la Faculté des sciences biologiques et agronomiques, pour leurs aides et soutiens tout au long de l'expérience.

Nous remercions ceux qui n'ont jamais cessé d'être présents, nos familles, pour leur soutien moral et leur sympathie. Un chaleureux merci à tous nos enseignants du département des sciences biologiques et agronomiques entre autres pour les bons moments passés tout le long de ces années. Nous leur exprimons nos respects, notre profonde sympathie et nous leur souhaitons beaucoup de bien.

## Dédicaces

*D'un sentiment plein d'amour et de sincérité Je dédie ce modeste travail à :*

**Mes chers parents** : « Abderrahmane et Anissa », que nulle dédicace ne puisse exprimer ce que je leurs dois, pour leur bienveillance, leur affection et leur soutien. Trésors de bonté, de générosité et de tendresse, qui m'ont appris à aimer le travail et le bon comportement, qui m'ont toujours encouragé et guider avec leurs précieux conseils, en témoignage de mon profond amour et ma grande reconnaissance « que dieu vous garde ».

**Mes chers frères** : « Yacine et Lyes » à qui je dois tout l'amour, pour leurs soutiens infinis, avec tous mes vœux de les voir réussir dans leurs vies.

**Mon aimable amie** « OUZNADJI Kahina » pour son amour cordial et son appui moral, c'est la bonté elle-même, à qui je souhaite le succès et tout le bonheur du monde.

**Mon ami bien aimé** « BOUSSAKOU Ali » qui m'a toujours encouragé et soutenu durant la réalisation de ce projet, à qui je souhaite plein de réussite et de succès dans sa vie.

**Mon binôme** « FOUCHAL Siham » qui a toujours été patiente avec moi, ainsi que toute sa famille.

Tous les membres de ma famille et a tous mes cousins et cousines, ainsi qu'à mes très chers amis (es).

A toutes personne m'ayant aidé de près ou de loin, trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

**FEZANI Sabrina**

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à :*

***Mes parents,***

*Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et des précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de son éternelle gratitude.*

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu t'accorde une longue vie afin que les efforts que tu as consentis pour ma réussite te soient récompensés.*

***Mon frère Samir et mes sœurs Ouisa, Nadia, Houria, Samira, Djamila et Lilia pour leur soutien et leur encouragement qui n'ont cessées d'être pour moi des exemples de persévérance et de courage ainsi que leurs petites familles.***

***Mon fiancé Brahim*** que je remercie jamais assez, qui m'a aidé durant mon cursus universitaire et soutenu tout au long de ce projet.

***Mes ami(e)s et cousin(e)s : Roza, Ouisa, Amine, Imad, Moharezki, Said.***

***Mon binôme FEZANI Sabrina*** ainsi que toute sa famille.

***FOUCHAL Siham***

## TABLE DES MATIERES

<b>Introduction</b> .....	1
 <b>Chapitre I – Synthèse bibliographique</b>	
<b>I. Généralités</b> .....	2
<b>I.1</b> Caractérisation du sol.....	2
I.1.1    Constituants du sol.....	3
I.1.2    La faune du sol.....	5
<b>I.2</b> Les vers de terre.....	5
I.2.1    Taxonomie et diversité.....	5
I.2.2    Catégories écologiques des vers de terre .....	9
I.2.3    Aperçu morphologique et anatomique d’un vers de terre.....	18
I.2.4    Ecologie des vers de terre .....	22
I.2.5    Les vers de terre et la fertilisation du sol .....	22
I.2.6    Les recherches sur les lombriciens.....	23
<b>I.3</b> Les vers de terre et les produits phytosanitaires .....	23
I.3.1    Introduction.....	23
I.3.2    Définition des produits phytosanitaires .....	24
I.3.3    Effets sur les lombriciens.....	25
 <b>Chapitre II – Présentation des stations d’étude</b>	
I.1    La station de Boghni.....	25
I.1.1    Situation géographique .....	25
I.1.2    La végétation .....	26
I.2    La Station d’Azeffoune.....	28
I.2.1    Situation géographique.....	28
I.2.2    Végétation.....	29
<b>II.</b> Situation climatique .....	30
II.1    Caractéristiques climatiques de la station de Boghni .....	31
II.1    Caractéristiques climatiques de station d’Azeffoune.....	31
II.3    Synthèse climatique des deux stations d’études .....	31
 <b>Chapitre III – Matériels et méthodes</b>	
<b>I.</b> Echantillonnage.....	36
I.1    Méthodologie d’échantillonnage.....	36
I.1    Prélèvement des vers de terre.....	37
<b>II.</b> Travail au laboratoire .....	38
II.1    Identification des espèces .....	38
II.2    Analyses physico-chimique du sol.....	39
<b>III.</b> Analyse de la diversité .....	46

III.1	Abondance .....	46
III.2	Abondance relative (A) .....	46
III.3	Biomasse.....	46
III.4	Fréquence d'occurrence ou centésimale.....	46
III.5	Richesse spécifique.....	47
III.6	Densité .....	47
III.7	Indice de Shannon-Weaver (H').....	47
III.8	Equitabilité.....	48
IV.	Analyse statistique .....	48
 <b>Chapitre IV – Résultats et discussion</b>		
I.1	Résultats des paramètres physico-chimiques des sols.....	49
I.2	Inventaire des espèces de vers de terre dans les deux stations Boghni et Azeffoune .....	50
I.2.1	Espèces décrites dans la station de Boghni.....	50
I.2.2	Espèces décrites dans la station d'Azeffoune .....	51
I.2.1	Distribution des espèces lombriciennes de la région de Boghni selon le type de cultures.....	51
I.2.2	Distribution des espèces lombriciennes de la région d'Azeffoune selon le type de cultures.....	52
I.3	Analyses de diversité .....	56
I.3.1	Densité .....	56
I.3.2	Biomasse .....	56
I.3.3	Richesse spécifique .....	57
I.3.4	Abondance relative des espèces.....	58
I.3.5	Fréquence d'occurrence ou centésimale .....	59
I.3.6	Indice de Shannon-Weaver .....	60
I.3.7	Equitabilité.....	61
I.4	Analyse statistique .....	62
II.	Discussion .....	63
 <b>Conclusion et perspectives.....</b>		<b>66</b>
 <b>Références bibliographiques</b>		
 <b>Annexes</b>		

## INTRODUCTION

Les vers de terre sont des organismes qui jouent des rôles biologiques et écologiques indispensables, ils contribuent à l'amélioration du sol et sa fertilité (Buch 1991), ils sont souvent appelés « ingénieurs du sol » en référence à leurs nombreuses fonctions (Saurel et al, 2010).

Selon Omodeo et al. 2003, les lombriciens de l'Afrique du nord sont encore mal connus. En effet ce groupe de la faune du sol semble susciter peu d'intérêt par les scientifiques particulièrement en Algérie, cet espace biogéographique très diversifié sur le plan climat, sol et végétation depuis le littoral au désert, pourrait révéler une grande diversité de cette faune.

En revanche, Baha (1997) a recensé 24 espèces en Algérie dont 11 espèces dans le secteur algérois. Ouahrani (2003) dans le secteur constantinois a déterminé 11 espèces alors que dans la vallée de la Soummam dans la Kabylie 5 espèces seulement ont été récoltées par Kherbouche et al (2012). Enfin, dans l'Est Algérien 18 espèces ont été dénombrées par Bazri en 2014.

L'objectif de cette étude est une contribution à la connaissance de la biodiversité des lombriciens en Kabylie. Ainsi notre choix est porté sur deux stations initialement supposées différentes sur le plan géographique climatique et édaphique (Boghni et Azeffoune), situées au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou.

L'hypothèse posée et soumise à vérification : il existe une différence de diversité des espèces lombriciennes entre les deux régions.

Pour vérifier l'hypothèse et répondre à l'objectif de cette étude nous avons procédé comme suit :

- Le premier chapitre se synthétise par différentes données bibliographiques (généralités sur le sol, faune de sol, vers de terre et l'usage des produits phytosanitaires) ;
- Le deuxième chapitre résume les principales caractéristiques géographique, climatique et édaphique des deux stations d'étude ainsi que la végétation dominante ;
- Le troisième chapitre résume le matériel utilisé, la méthodologie d'échantillonnage, et les protocoles expérimentaux utilisés pour les différentes analyses ;
- Le dernier chapitre aborde les résultats obtenus suivi d'une discussion et d'une réponse à l'hypothèse posée initialement.

**I. Généralités**

**I.1 Caractérisation du sol**

Le sol, à l'échelle de la planète est une très mince couche de terre recouvrant les roches émergées. Cependant, c'est un système complexe responsable de nombreuses fonctions naturelles, il est à la fois un support pour les êtres vivants, un réservoir de matière organique et minérale, un régulateur des échanges et des flux dans l'écosystème, un lieu de transformation de la matière organique, et un système épurateur de substances toxiques.

**I.1.1 Constituants du sol**

Le tableau ci après résume les constituants du sol :

**Tableau 01.** Constituants physiques et chimiques du sol (Baize, 1989)

	Constituants solides		Constituants liquides (solution du sol)	Constituants gazeux (atmosphère du sol)
	Minéraux	Organiques		
<b>Origine</b>	Désagrégation physique et altération biochimique des roches	Décomposition des êtres vivants	Précipitations, nappes, ruissellement	Air hors sol, matière en décomposition, respiration
<b>Critère de classement</b>	<b>Taille :</b> granulométrie <b>Qualité :</b> minéralogie	<b>Etat :</b> vivant, mort <b>Qualité chimique :</b> (originelle, transformée)	<b>Origine :</b> météorique, phréatique. <b>Etat physique :</b> potentiel hydrique. <b>Qualité chimique.</b>	Origine (aire, organisme) Qualité chimique
<b>Catégories</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Selon la granulométrie :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le squelette (&gt;2mm)</li> <li>• Terre fine (&lt;2mm)</li> </ul> </li> <li>➤ Selon la minéralogie :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quartz</li> <li>• Minéraux</li> <li>• Silicatés</li> </ul> </li> </ul> Carbonatés	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Organismes vivants</li> <li>➤ Organismes morts</li> <li>➤ Matières organiques héritées : cellulose, lignine, résine</li> </ul> Matières organiques humifiées : acides fluviqes et humiques, humines	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Eau</b></li> <li>➤ <b>Substance dissoutes :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Glucides</li> <li>• Alcools</li> <li>• Acides</li> <li>• Organiques</li> <li>• Minéraux</li> <li>• Cations</li> <li>• Anion</li> </ul> </li> </ul>	<b>Gaz de l'air :</b> N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> <b>Gaz issu de la décomposition des organismes :</b> CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub>

### I.1.2 La faune du Sol

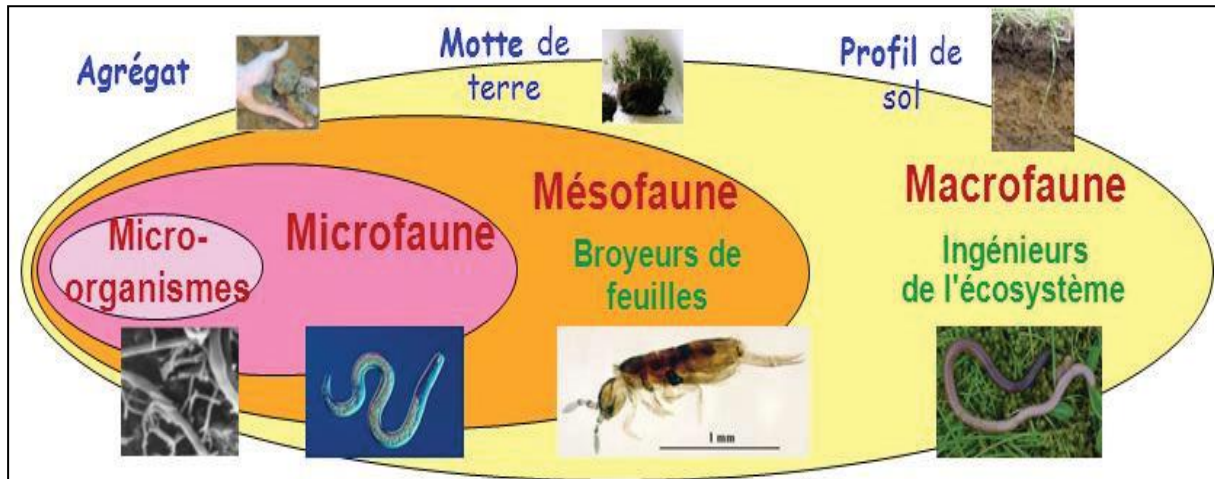
La pédofaune est extrêmement diversifiée (Deprince, 2003). Les organismes du sol sont regroupés en plusieurs catégories en raison de leurs tailles et de leur mode d'affinité pour l'eau. Selon Bachelier (1963), Coineau (1974), Duchaufour (1997), la pédofaune est classée en quatre catégories :

- **La microfaune** : constituée d'espèces de diamètre inférieur à 0,2 mm, elles vivent généralement dans des zones humides. Ce sont des espèces hydrophiles et protozoaires, quelques espèces de rotifères terrestres et des tardigrades résistant à la sécheresse (Bachelier, 1978).
- **La mésofaune** : composée de différents invertébrés entre 0,2 et 4mm, constituée d'espèces hydrophiles et d'espèces xérophiles. Il s'agit d'acariens, de collemboles, de pseudoscorpions, de protoures, de diploures, de petits myriapodes (ces groupes se rassemblant sous le terme « micro-arthropodes »), de nématodes de plus grande taille et d'enchytréides (Bachelier, 1978).
- **La macrofaune** : est composée d'animaux entre 4 et 80mm. Ce sont des lombriciens, des larves d'insectes, des cloportes, des myriapodes chilopodes et diplopodes, des mollusques gastéropodes (limaces et escargots) , des chélicérates ( araignées et opilions) et des divers hexapodes (Bachelier, 1978). La macrofaune joue un rôle clé dans la régulation des propriétés physiques des sols et de la biodiversité des organismes plus petits (Lavelle et Spain, 2001).

Les lombriciens (Annélides, Oligochètes) représentent une composante majeure de la macrofaune du sol puisque, dans la plupart des écosystèmes terrestres, ils dominent en biomasse (Pelosi, 2008).

- **La mégafaune** : renferme les animaux de grande taille, mesurant de 80 mm à 1m60, dont l'activité pédologique se limite essentiellement à une remontée des matériaux correspondant à la confection des terriers.

La figure ci-dessous représente les différentes faunes du sol.



**Figure 01.** La faune du sol (OPVT—OSUR/Univ.Rennes., 2007)

La faune du sol comprend de nombreux taxons, comprenant eux-mêmes des centaines voire des milliers d'espèces (Bachelier, 1978 ; Dindal, 1990 ; Gobat et al., 2003). C'est donc une source de biodiversité importante qu'il convient de préserver car ces organismes ont des rôles essentiels pour le maintien de la qualité du sol, que l'on peut définir comme l'aptitude à fournir un certain nombre de biens et services éco systémiques utiles pour les sociétés humaines (Daily et al., 1997 ; Millenium Ecosystem Assessment, 2005 ; Wall, 2004). Ainsi, la faune du sol participe à la décomposition de la matière organique et à la biodisponibilité des nutriments pour les plantes et les microorganismes du sol (Mayeux et Savanne, 1996). En moyenne, en prairie permanente, la faune du sol comprend quelques 260 millions d'individus au m<sup>2</sup> (Gobat et al., 2003), constituant une biomasse de 150 g m<sup>-2</sup>.

Selon Coineau (1974) et Bachelier (1978), quatre principaux types de faune ont été dégagés :

- Atmobios : faune de la surface et des macrophytes, elle n'a pas de relation étroite avec la faune du sol ;
- Epiédaphon : désigne les populations animales qui demeurent à la surface du sol ;
- Hémiedaphon : faune qui existe dans la litière et l'horizon organique ;
- Euédaphon : faune vivant dans la profondeur du sol et présentant de nombreux caractères adaptatifs.

## I.2 Les vers de terre

Les Lombriciens sont des métazoaires, triploblastes, coelomates et protostomiens qui représentent une composante majeure de la macrofaune du sol puisque, dans la plupart des écosystèmes terrestres, ils dominent en biomasse. Ils sont également connus comme étant de bons bio-accumulateurs de certains polluants (Edwards et Bohlen, 1996).

En effet, les vers de terre ont une importance primordiale dans la production primaire, puisqu'ils jouent un rôle essentiel dans la formation et l'entretien des sols fertiles et de leurs effets sur le recyclage des éléments nutritifs, le maintien de la fertilité et la structure des sols (Lee, 1985 ; Bohlen et al., 1997).

### I.2.1 Taxonomie et diversité

Le nombre de familles est sujet à débat, en effet, il existe toujours des changements selon les taxinomistes et la méthode utilisée. Selon James (2004), il existe 21 familles :

*Lumbricidae, Ailoscolecidae, Syngenodrilidae, Almidae, Biwadrilidae, Criodrilidae, Lutodrilidae, Hormogastridae, Kynotidae, Sparganophilidae, Komarekionidae, Microchaetidae, Endrilidae, Ocnerodrilidae, Megascolecidae, Octochaetidae, Moniligastridae, Tumakidae, Acanthodrilidae, Exxidae, et Glossoscolecidae.*

### I.2.2 Catégories écologiques des vers de terre

En 1994, plus de 3 600 espèces de vers de terre avaient été recensées dans le monde, auxquelles s'ajoutaient plus de soixante nouvelles espèces chaque année. On estime à 7 000 environ le nombre total d'espèces, la majorité vivant sous les tropiques (Lavelle et al., 1998). En France, Bouché (1972) a recensé environ 180 espèces de lombriciens, il a proposé de classer les vers de terre en trois catégories écologiques (les épigés, les anéciques et les endogés), basées sur des critères morphologiques (pigmentation, taille), comportementaux (alimentation, construction de galeries, mobilité) et écologiques (longévité, temps de génération, prédation, survie à la sécheresse).

Figure 2 et tableau, représentent les différentes catégories écologiques des vers de terre.

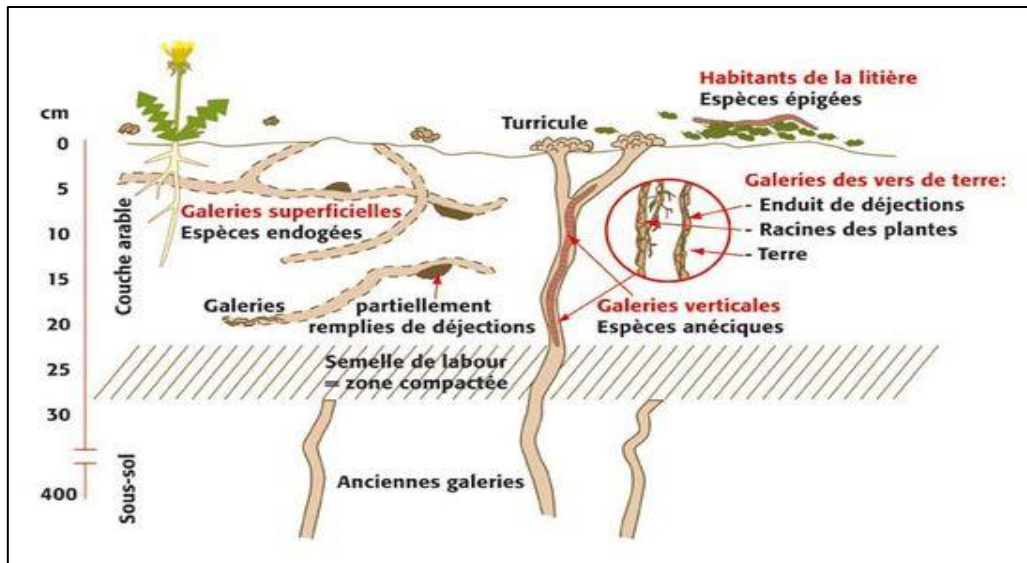


Figure 02 : Les zones où vivent les trois grands groupes de vers de terre.

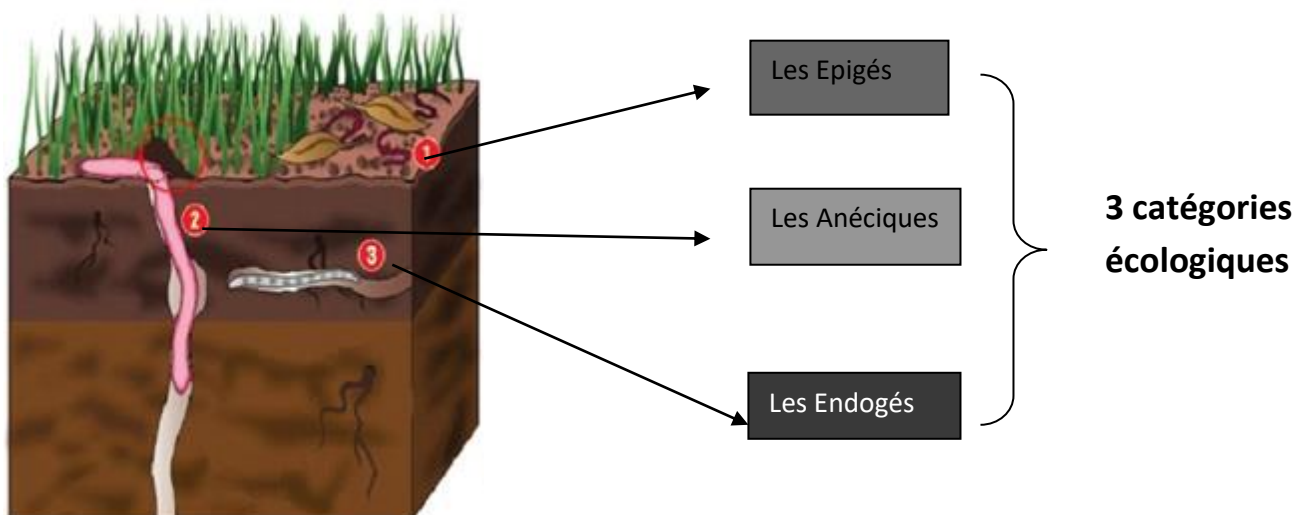
Tableau 02 : Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre décrites par Bouché (1972 ; 1977) (MO = Matière Organique).

	Espèce épigée	Espèce anécique	Espèce endogée
Alimentation	Litière décomposée à la surface du sol; un peu d'ingestion de sol	MO décomposée a la surface du sol, dont une part est emmenée dans les galeries ; un peu d'ingestion de sol	Sol minéral avec préférence pour matériau riche en MO
Pigmentation	Sombre, souvent ventrale et dorsale	Moyennement sombre, souvent uniquement dorsale	Peu ou pas pigmenté
Taille adultes	Petite à moyenne (10-30 mm)	Grande (10-110 cm)	Moyenne (1-20 cm)
Galeries	Pas ; quelques galeries dans 1ers cm de sol par espèces intermédiaires	Grandes galeries verticales et permanentes dans horizon minéral	Galeries continues, extensives, sub-horizontales, souvent dans les 15 premiers cm de sol
Mobilité	Mouvements rapides en repense à perturbation	Retrait rapide dans galeries mais plus lents que les épigés	Généralement lents
Longévité	Relativement courte	Relativement longue	Intermédiaire
Temps de génération	Court	Long	Court
Survie à sécheresse	Sous forme de cocons	Quiescence	Diapause
Prédation	Très importante, surtout par oiseaux, mammifères, et arthropodes prédateurs	Importante, surtout quand ils ont en surface, un peu protégés dans leur galerie	Faible, un peu par oiseaux qui creusant le sol et arthropodes prédateurs

Les catégories écologiques des vers de terre sont en fonction de leurs comportements morphologique et d'habitat. Ces catégories sont devisées par divers auteurs, notamment Lee (1959, 1985, 1987) et Bouché (1972,1977). Lee a proposé des catégories facilement interprétables et largement applicables à plusieurs familles lombriciennes, qui sont les suivantes:

- **Espèces de litière** : elles vivent sur la surface du sol dans les couches litières ;
- **Espèce topsoil** : elles s'enfouissent sous l'horizon « A » du sol, mais se nourrissent à la surface où elles produisent des turricules ;
- **Espèce du sous-sol** : elles se localisent entièrement dans les horizons « B » ou « C » du sol et tirent leur alimentation des zones inférieures de la racine.

Ces catégories sont équivalentes d'une manière générale à la classification adoptée par Bouché, 1977 dont on distingue trois grands groupes écologiques de vers de terre (Fig 3) :



**Figure 03.** Les catégories écologiques des vers de terre (OPVT—OSUR/Univ.Rennes)

- ❖ **Les épigés** : sont des vers pigmentés de petite taille (10 à 30 mm en général) qui vivent dans la litière de surface et se nourrissent des matières organiques en décomposition dans cette litière (Bouché, 1972 ; Lee, 1985). Ils ne creusent pas, même si certaines espèces intermédiaires peuvent créer de petites galeries très superficielles. Les espèces épigées, vivant à la surface du sol, sont les plus exposées aux aléas climatiques, à la prédation et aux opérations culturales (travail du sol, pesticides), ces espèces sont par conséquent assez rares en milieu cultivé.

- ❖ **Les anéciques** : sont des vers pigmentés de grande taille (10 à 110 cm) et de couleur brune, ce sont ceux qu'on appelle les « lombrics ». ils creusent des galeries verticales profondes à sub-verticales plus au moins ramifiées s'ouvrant en surface. Ils ont un mode de vie mixte, et se nourrissent de débris organiques prélevés en surface et qu'ils laissent pourrir dans le sol avant de les ingérer avec du sol (Bouché, 1977) (figure03).





Deux sous-groupes se distinguent :

- **Les Anéciques tête rouge (TR)** qui ont un comportement proche des Epigés à l'automne et leur réseau de galeries est très peu ramifié ;
  - **Les Anéciques tête noire (TN)** qui ont un comportement strictement anécique, créent un réseau de galeries très ramifié.
- ❖ **Les endogés** : sont des vers non pigmentés, sans couleur ou très pâles, de taille moyenne et variable (1 à 20 cm), vivant généralement dans les premiers centimètres de sol où ils construisent des galeries d'orientation quelconque (Bouché, 1977). Ils se nourrissent de la matière organique contenue dans le sol. Il existe trois sous-catégories d'endogés : Polyhumiques, Mesohumiques et Oligohumiques en fonction de leur position au sein du profil donc du type et de la teneur en matière organique du sol qu'ils ingèrent. Plus les vers vivent profondément, moins le sol qu'ils consomment est riche en matière organique. Les endogés qui ingèrent le sol le plus pauvre en matière organique sont des oligohumiques, alors que les polyhumiques consomment du sol des horizons superficiels, riches en matières organiques en voie de décomposition.

Les épigés, les endogés et les anéciques représentent respectivement environ 1,20 et 80% de la biomasse lombricienne du sol en milieux tempérés (Bouché, 1972).

Cependant, cette classification en catégories écologiques est un peu arbitraire, dans la mesure où il existe un continuum entre les groupes : un certain nombre d'espèces présente ainsi des caractéristiques propres à différentes catégories écologiques. Par exemple, *L. terrestris* est un épi-anécique puisqu'il vit dans une galerie verticale permanente et peut descendre très profondément dans le sol mais se nourrit en surface.

La figure 4, montre les différents groupes écologiques des vers de terre.

Epigé	Anécique	Endogé
	<p>Anéciques tête rouge (TR)</p> 	
	<p>Anéciques tête noir (TN)</p>	
		

**Figure 04.** Groupes écologiques chez les vers de terre (Bouché, 1972)

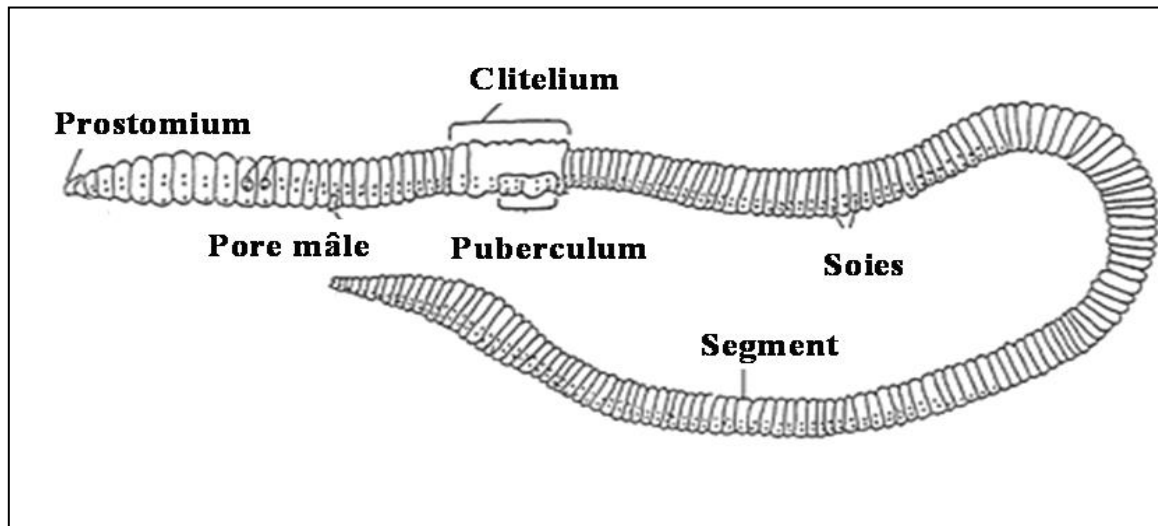
### I.2.3 Aperçu morphologique et anatomique d’un vers de terre

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. Chez les lombricidés et quelques familles, chaque segment du tronc est caractérisé par la présence de quatre paires de soies de positions variables. Il porte également deux pores néphrétiques. Le tout donne un aspect bien caractéristique, vermiforme, ce qui favorise leur pénétration dans le sol. Ils possèdent une forte densité de cellules sensorielles. La région antérieure est plus effilée et porte la bouche ; alors que la région postérieure, parfois plus renflée et légèrement aplatie, porte l’anus. Le corps des vers de terre est donc annelé, composé d’anneaux. Le premier segment est appelé "Prostomium", le second "Peristomium" et le dernier "Pygidium" (Sims et Gerard, 1999).

Lorsque les vers de terre ne sont pas pigmentés, ils sont qualifiés d’albiniques (Bouché, 1972) quoique leur teinte apparente puisse être assez variée, elle dépend en effet, de la coloration interne des organes, du fluide cœlomique du tube digestif et de son contenu.

Leur corps est toujours humide grâce à un léger mucus. Ils se déplacent en contractant et allongeant alternativement leurs segments. Signalons que les vers de terre ont une odeur caractéristique, généralement assez discrète, mais qui devient relativement forte et désagréable chez *Eisenia fetida* (Baha, 2008).

### I.2.3.1 Morphologie



**Figure 05.** Schéma des caractères externe observables chez les vers de terre (Bouché, 1972)

#### a. Segmentation

Le corps des vers de terre est cylindrique et formé d'une succession de segments extensibles et semblables compris entre un lobe céphalique (prostomium) et un lobe terminal appelé pygidium (Lavelle et Spain, 2001). Les segments sont munis de pores dorsaux par lesquels, les vers de terre peuvent éjecter un fluide cœlomique en réponse à une perturbation mécanique ou chimique (Bachelier, 1978).

#### b. Taille

La taille des vers de terre est variable aux seins d'une même espèce suivant les conditions de vie des individus, par exemple l'humidité du sol (Bachelier, 1978).

- A l'âge adulte, les vers commun mesurent approximativement entre 30 à 300 mm ;
- Certains vers de terre plus rares dépassent les 50 centimètres, tel que *Hormogasterredii.f.gigantes* (Bouché, 1977).

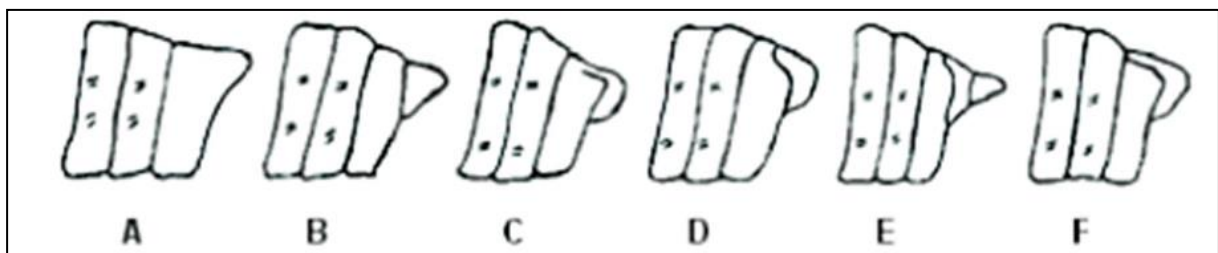
Cependant, il existe dans les régions tropicales des vers de terre géants qui varient entre 2 à 3 mètres avec un diamètre de 3 à 5 cm.

### c. Coloration

- ✓ Les vers de terre ont une large gamme de couleur. D'après Vigot (2014) et Pèrés et al., (2011), il existe :
  - Les épigés sont de couleur foncée ;
  - Les endogés sont très peu colorés à pigmentés 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.

### d. Le prostomium

Partie la plus antérieure, située immédiatement en avant de la bouche, ce n'est pas un véritable segment (métamère) et il ne possède ni soies ni cavité coelomique, il est plus ou moins fusionné avec le péristomium, il peut se présenter sous différents types (Fig. 06).



**Figure 06.** Les différents types de prostomium (Bouché, 1972).  
 Prostomiums : zyglobique (A), prolobique (B), épilobique ouvert (C), épilobique fermé (D), subdivisé (E) et tanylobique (F)

### e. Le **metastomium (soma)**

Il constitue l'essentiel du corps du ver de terre. La première partie qui délimite l'orifice buccal se nomme « péristomium ». Chez l'adulte le soma peut être divisé par rapport au Clitellum en trois zones :

- 1) **La zone antérieure (anté-clitélienne)** : Elle possède une forte densité de cellules sensorielles et contient le système nerveux. Sa morphologie est modifiée par le développement musculaire qui a un rôle mécanique important pour la pénétration des vers de terre dans le sol.
- 2) **Le clitellum** : Il est sous forme d'un fer à cheval annulaire chez quelques familles, il sécrète un cocon qui reçoit les œufs et les spermatozoïdes en période de reproduction.
- 3) **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.

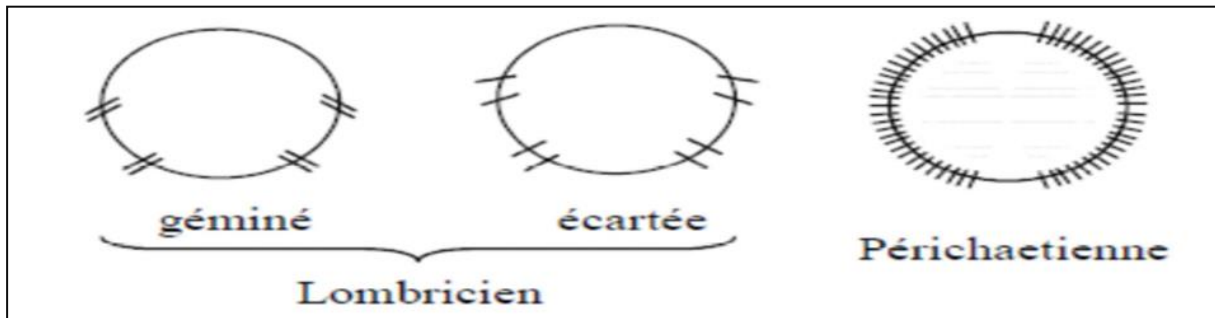
### a. Le **pygidium**

Il ne comporte pas de cavité coelomique, donc n'est pas considéré comme un métamère, il entoure l'anus.

### b. Les **Soie**

Constituent l'un des caractères principaux utilisés pour l'identification des vers de terre. Elles sont de nature double, protéique, chitineuse et sont rigides. Les soies sont groupées en faisceaux dans chaque segment, excepté le prostomium, le peristomium et quelques segments postérieurs. Chaque soie est implantée dans la paroi du corps dans un sac et chaque segment contient le plus souvent quatre faisceaux : deux latéraux-dorsaux et deux latéraux-ventraux. Il existe deux types de disposition de soie : type lombricienne (avoir 8 soies par segment souvent se répartissent en 4 paires) et perichaetienne (avoir plus de 8 soies par segment se répartissent autour de la circonférence du corps). Les soies peuvent être sorties ou rétractées grâce à des muscles protracteurs et rétracteurs situés à la base des follicules d'où naissent les soies (Bachelier, 1978).

Les écarts entre les soies sont variables mais constants au niveau d'un même segment et à l'intérieur d'une population, ce qui conduit à l'usage fréquent de ce caractère en taxonomie (Fig. 07).



**Figure 07.** Dispositions des soies chez le ver de terre (Bouché, 1972).

#### **h. Caractères sexuels externes**

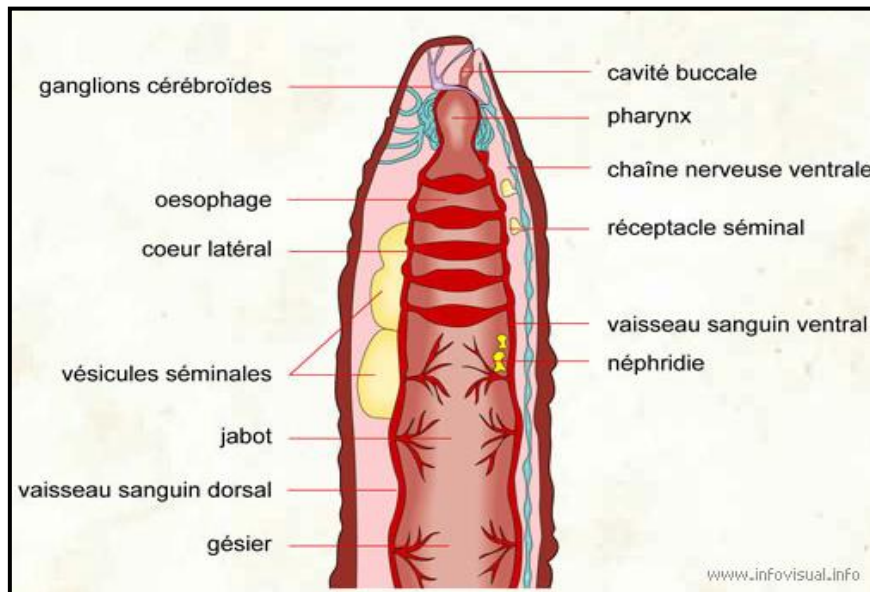
D'après Bachelier (1978), l'emplacement des orifices mâles, dont les lèvres sont épaisses et blanchâtres au moment de la reproduction, constituent un caractère sexuel secondaire bien visible. Par contre, l'emplacement des orifices femelles ne peut pas facilement être déterminé, car ces orifices sont 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. Il existe de nervures génitales qui relient les orifices mâles au clitellum, notamment chez les Lombricidés. 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 où *Lumbricus terrestris* possède deux paires de pores spermathécaux. Mais d'autres vers en ont davantage, jusqu'à un maximum de 7 paires.

Les orifices mâles qui constituent un caractère sexuels secondaire bien visible comparé aux pores femelle dont l'emplacement ne peut être facilement déterminé. Les orifices de réceptacles séminaux, disposés par paire, dont le nombre varient selon les espèces (Bouché, 1972).

### I.2.3.2 Anatomie interne

Les vers de terre appartiennent au groupe des coelomates triploblastiques protostomiens. Ce sont des animaux typiquement métamérisés, à symétrie bilatérale. Ils possèdent des cavités coelomiques métamérisées. Ces dernières sont homonomes, c'est-à-dire régulières avec répétition des néphridies et des ganglions et remplie de fluide : le coelome. La physiologie des lombriciens a été largement décrite par Laverack (1963), Edwards et Lofty (1977), et Tomlin (1980). Les lombriciens possèdent un (squelette) hydrostatique dû à la présence du coelome, ce qui leur permet de se déplacer par des mouvements péristaltiques du corps.

Le tube externe, ou paroi du corps, est composé d'un épiderme enveloppé d'une cuticule, d'une couche de muscles circulaires et une autre de muscles longitudinaux. Cette musculature est adaptée à leur mode de locomotion de fousisseurs.



**Figure 08.** Schéma de l'anatomie interne d'un ver de terre (coupe latérale)  
(Brown *et al.*, 2000).

#### c. Le système nerveux

Est formé d'une chaîne nerveuse ventrale et d'un simple ganglion cérébroïde qui produit des neurosécrétions fondamentales pour la reproduction.

#### d. Le système circulatoire

Les vers de terre présentent un système circulatoire fermé, et comporte deux vaisseaux : un ventral et un dorsal et des capillaires qui irriguent les différents organes.

### e. Le tube digestif

Est constitué d'un tube interne qui parcourt toute la longueur du ver et qui présente des modifications locales pour assurer certaines fonctions digestives spécialisées. Le tube digestif qui débute par un simple orifice la bouche, comporte directement un pharynx suivi, dans un ordre variable, d'un oesophage plus ou moins long, de glande de Morren, d'un jabot et d'un gésier, cet ensemble est suivi d'un long intestin comportant le plus souvent un repli interne, dorsal, le typhlosolis (cet organe a un développement et une morphologie très variables en fonction des espèces).

### f. Le système respiratoire

Du fait d'une respiration cutanée, les vers de terre ne possèdent pas de poumons, le corps doit rester humide pour permettre la respiration, ainsi que des (coeurs) latéraux jouant le rôle de pompes.

### g. Système d'excrétion

Il est représenté par des organes de l'excrétion et de l'osmorégulation, qui jouent un rôle important dans l'élimination. Une néphridie comporte un néphrostome prolongé par un long tube ayant une morphologie très variable qui débouche à l'extérieur par un néphridiopore. En général, il existe une paire de néphridies par segment (Bouché, 1972).

## I.2.3.3 Caractères biologiques

### a. Longévité

Les populations de certaines espèces des champs peuvent avoir seulement une saison d'espérance de vie et passent une partie de leurs cycles en dormance embryonnaire dans les cocons dans des conditions défavorables.

Une moyenne de 1 à 2 ans est rapportée pour les adultes de plusieurs espèces communes.

La durée de vie maximale pour *Eisenia fetida* est de 5 ans, mais *Aporrectodea longa* a survécu de 5 à 10 ans dans les cultures au laboratoire (Gerard, 1967 ; Gates, 1972).

Cependant, des adultes de *Lumbricus terrestris* à 30 ans d'espérance de vie (Sims et Gerard, 1985).

Certaines espèces géantes peuvent prendre des années pour atteindre le stade de maturité et se reproduisent que tous les deux ou trois ans, tel que *Megascolides australis* (Vanpraagh, 1992).

## b. Alimentation

Le régime alimentaire des vers de terre est constitué principalement de matière organique à différents stades de décomposition (Lee, 1985).

Les vers de terre sont omnivores (Edwards et Bohlen, 1996 ; Sims et Gerard, 1999) car ils se nourrissent principalement des fragments de matériel végétal plus ou moins dégradés et incorporés dans le sol, ils ingèrent également des microorganismes vivants, des champignons, de la micro- et de la mésofaune vivante ou morte.

Certaines espèces consomment également la fraction minérale du sol et semblent préférer un mélange de nutriments organiques et minéraux à la matière organique pure (Double et al., 1997). Les feuilles récemment tombées de plusieurs espèces d'arbres tels que le chêne, le hêtre ou le mélèze ne sont pas appréciées par les vers de terre, mais deviennent acceptables après une courte période de dégradation microbienne (Curry et Schmidt, 2007).

La taille des particules onguées influence fortement la croissance et la fécondité des vers de terre (Lowe et Butt, 2005). Le taux de matière organique ingéré varie considérablement selon plusieurs facteurs, tels que les conditions environnementales favorables à l'activité des vers, la qualité de la ressource alimentaire et sa palatabilité (Curry et Schmidt, 2007).

Selon leur alimentation, les vers de terre sont classés en:

- **Détrivores** : se nourrissent à la surface du sol de litière végétale, de fumier des mammifères, et de racines mortes situés à la surface ou dans les horizons de surface, riches en matière organiques. Il s'agit principalement des anéciques et des épigés.
- **Géophages** : se nourrissent profondément dans le sol, de matière organique et de racine morte, ingérées avec de grosses quantités de sol (Lee, 1985).

Ces deux principaux groupes peuvent être subdivisés, la classification la plus couramment admise est celle de Bouché (1977) qui distingue, parmi les détrivores, les épigés qui restent en surface sur l'horizon du sol riche en matière organique, et les anéciques qui se nourrissent de la litière mais vivent dans l'horizon minéral du sol. Quant aux géophages, ils sont subdivisés en polyhumiques, mésohumiques et oligohumiques, en se basant sur leur mode de nourriture en relation avec la matière organique (Lavelle, 1981).

### c. Reproduction et cycle de vie

Les vers de terre sont hermaphrodites ; ils possèdent des organes et produisent des gamètes mâles et femelles. Le mode de reproduction diffère selon les espèces. Certains sont obligatoirement biparentales, à l'instar de *Lumbricus terrestris* et nécessitent donc un accouplement entre deux individus, alors que d'autres se reproduisent sans accouplement, par auto-fertilisation ou par parthénogénèse (Sims et Gérard, 1999).

Chez les espèces biparentales, l'accouplement se déroule la nuit en surface, les deux individus suivent une configuration en tête-bêche et, selon les familles, on observe une transmission directe du sperme des pores mâles dans les réceptacles séminaux, ou transmission du sperme à distance par les gouttières génitales que bordent dorsalement les nervures génitales (Hipp, 2005). Quelques jours plus tard, le clitellum produit le cocon qui glisse le long de la partie antérieure du vers de terre est émis dans le sol sous forme d'une capsule fermée à deux extrémités.

Chez les espèces à reproduction monoparentale, la parthénogénèse s'effectue à partir d'un seul gamète alors que l'auto-fertilisation nécessite l'intervention des deux gamètes, mâles et femelles, apportés par le même individu (Sims et Gérard, 1999).

Les vers de terre adultes produisent plusieurs cocons par ans selon leur âge (Svendsen et al., 2005) et les conditions du milieu (Lee, 1985). Les cocons contiennent les substances nutritives indispensables au développement embryonnaire, chacun comporte plusieurs œufs, mais seuls quelques uns se développent proprement (Hipp, 2005). Les cocons sont résistants aux conditions défavorables comme la sécheresse (Edwards et Bohlen, 1996). La durée d'incubation dépend des conditions climatiques (Holmstrup et al., 1996) et des conditions de vie de l'adulte (Pelosi, 2008).

Les vers émergent du cocon, de couleur blanchâtre, long de 1,3 cm en moyenne (variable selon les espèces). La couleur commence à s'assombrir quelques heures après l'éclosion pour prendre la couleur propre à l'espèce (Hipp, 2005). Les juvéniles deviennent plus long à mesure que leurs segments se développent. Ils acquièrent progressivement les caractères sexuels externes et deviennent sub-adultes. Ils atteignent leur maturité après la formation du clitellum et deviennent adultes capables de se reproduire (Pelosi, 2008).

La durée de maturation dépend de l'espèce considérée ainsi que des conditions du milieu. Lakhani et Satchell (1970) rapportent que *Lumbricus terrestris* devient mature au bout d'un an au champ, alors qu'il ne suffira que de quelques mois en condition de laboratoire.

La durée des quatre étapes fondamentales du cycle de vie des lombriciens, cocon, juvénile, sub-adulte et adulte (figure 09), ainsi que la fécondation et la survie des vers dépendent fortement de l'espèce considérée mais aussi des conditions du milieu (Pelosi, 2008).

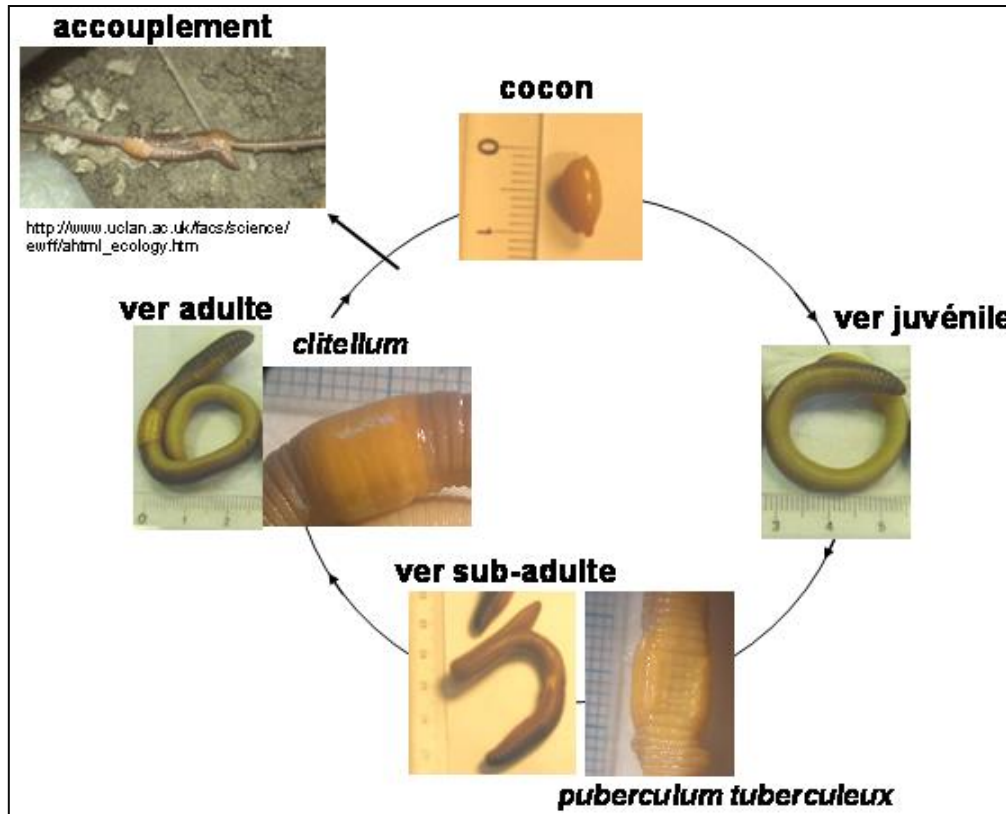


Figure 09. Cycle de vie des vers de terre (Hipp, 2005)

## I.2.4 Ecologie des vers de terre

### I.2.4.1 Fonctions écosystémiques

Les vers de terre modifient physiquement leur environnement et changent ainsi la disponibilité des ressources pour les autres organismes (Lavelle, 1997 ; Edwards 2004). En creusant les galeries, ils augmentent la macroporosité du sol et contribuent ainsi à son aération (Lavelle, 1997) et à l'infiltration de l'eau, ce qui minimise le ruissèlement des eaux de surface et réduit les risques de pollution des sols. Inversement, les galeries accélèrent l'infiltration des produits phytosanitaires vers les nappes phréatiques. Ce transfert rapide à travers les galeries d'anéciques ne laisse pas le temps aux microorganismes pour détoxifier un certain nombre de produits (Pelosi, 2008). Ces galeries permettent le mouvement des invertébrés (Jégou et al., 2002).

Les vers de terre contribuent également à l'incorporation, au transport et à la distribution de la matière organique dans le sol (Blouin et al., 2005). Leurs activités contribuent aux différents cycles des éléments du sol via une ingestion rapide des détritiques et leur transformation en minéraux (Bhadoria et al., 2010). Ils agissent directement ou indirectement sur les systèmes racinaires, ainsi que sur le développement des micro-organismes.

Les turricules produits par les vers de terre exercent aussi une action positive sur les sols. D'une part, elle leur confère une stabilité structurale et deviennent ainsi plus résistants face à l'érosion (Pelosi, 2008). D'autre part, ayant une forte minéralisation, les turricules augmentent les teneurs en azote et phosphore minéraux disponibles pour les plantes (Chapuis-Lardy et al., 1998; Barois et al., 1999).

#### **I.2.4.2 Influences des facteurs abiotiques sur les vers de terre**

La qualité et la quantité de la matière organique du sol (Curry, 1998) ainsi que le type de sol, le pH et les conditions climatiques sont des facteurs du milieu qui gouvernent fortement la présence des communautés lombriciennes dans les différents biotopes (Lofsholmin, 1982 ; Whalen et Parmelee, 1999). Eventuellement, La température et la teneur en eau du sol sont les variables environnementales clés qui influencent la croissance, la survie, la fécondité et l'activité des lombriciens (Satchell, 1967 ; Hartenstein et Amico, 1983 ; Sims et Gerard, 1999).

##### **a. Température et humidité du sol**

La température et l'humidité du sol sont les facteurs clés qui agissent sur l'abondance et l'activité des vers de terre en milieu naturel (Sims et Gérard 1999). Les vers de terre sont incapables de réguler leur température corporelle, ils sont donc très sensibles aux variations de température. Les conditions optimales de températures se situent entre 10 et 20°C pour les espèces des régions tempérées. Peu d'espèces survivent à des températures inférieures à 0°C ou supérieures à 28°C (Lee, 1985 ; Curry, 1998). Evans et Guild (1948) in Bachelier (1978) rapportent que la production de cocons par les lombrics devient quatre fois plus importante quand la température s'élève de 6° à 16°C. L'eau forme 80 à 90% du poids du corps des vers de terre lorsqu'ils sont pleinement hydratés (Bachelier, 1978 ; Lee, 1985), et même s'ils peuvent supporter des pertes en eau, ils demeurent très vulnérables aux faibles humidités (Pelosi, 2008). Lorsque les conditions de température et d'humidité du sol deviennent défavorables

(sécheresse, baisse ou hausse importante de la température), la survie, la fécondité et la croissance des vers de terre sont affectées (Lee, 1985). En réponse à ces changements défavorables, ceux-ci peuvent développer différentes stratégies de survie. Certaines espèces opèrent des déplacements horizontaux ou verticaux dans le sol, cette stratégie est constatée surtout chez les anéciques. C'est le cas de *Lumbricus terrestris* qui s'enfonce jusqu'à plusieurs mètres de profondeur dès qu'il a acquis une musculature suffisante (Edwards et Bohlen, 1996). D'autres espèces peuvent cesser leurs activités durant des périodes plus au moins longues. Bouché (1972) définit différents types d'inactivité, en fonction du degré de léthargie du ver et des facteurs qui déclenchent et qui mettent fin à cette période d'inactivité, on distingue la diapause et la quiescence. Dans le cas de la diapause, Le ver ne s'alimente plus, vide son intestin et s'installe dans une logette sphérique individuelle en profondeur où il s'enroule en excréant du mucus afin de s'affranchir des conditions extérieures (Saussey, 1966). La quiescence est une léthargie temporaire directement provoquée par un facteur du milieu et dont la manifestation cesse dès que ce facteur disparaît.

Enfin, il y a des espèces qui ne subsistent que sous forme de cocons pendant les épisodes de sécheresse prolongée, à l'instar de *Lumbricu rubellus* et des espèces épigées en général car, vivant en surface, elles sont plus exposée aux aléas climatiques (Edwards et al., 1995).

### **b. La matière organique**

Les populations lombriciennes se nourrissent de matière organique plus ou moins décomposée, à la surface ou dans le sol.

La plus part des vers de terres ingèrent de la matière organiques sous forme de matériaux végétaux (racine, feuilles, grains), des plantes en décomposition (racine morte, herbe tendue, feuilles fraîchement tombées au sol, et litières de feuilles), de microorganismes ou d'animaux microscopique (larve de nématode, acarien), de fèces d'animaux surtout herbivores ainsi que de champignon, de bactéries et delevures (Sims et Gérard, 1999 in Celine, 2008). La quantité, la qualité et la localisation des matières organiques sont des facteurs importants pour les vers de terre, et dépendent surtout, dans les parcelles agricoles, de l'espèce cultivés (Pelosi,2008).

De nombreuses études ont montrées une corrélation positive entre la biomasse des vers de terre et la matière organique du sol. De plus, la croissance de certaines espèces

dépendait non seulement du type de nourritures disponible mais aussi de la taille des particules ingérées.

### c. Le pH

Il existe un pH optimal pour chaque espèce (Edwards et Bohlen, 1996). Mais la plupart des vers de terre préfèrent un pH neutre (autour de 7).

Les vers de terre 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).

(Jeanson, 1961 in Bachelier, 1978), rapporte que certaines espèces peuvent tolérer des pH éloignés de leur valeur optimale. A l'instar d'*Allolobophora icterica* qui vit dans les sols à pH 7, et tolère un pH variant entre 4,2 et 8 en conditions de laboratoire. Cependant, il a constaté que l'activité globale de ce ver est 3 fois plus importante à pH 8 qu'à pH 4,2 Bouché (1972), a de même montré dans une chaîne de sols vosgienne les liens existant entre la topographie, l'acidité du sol, la flore et la distribution des lombriciens.

### d. Le Calcium

De nombreux vers de terre ont 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).

### e. 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.

### f. Texture du sol

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.

### **g. Structure du sol**

La distribution des vers de terre s'appuie en partie sur la texture du sol, tandis que leurs activités modifient leurs environnements, notamment la structure du sol. Des expériences ont montré que l'introduction des lombriciens dans les sols dégradés (isolément ou en combinaison avec les plantes), augmente la porosité et la stabilité de la structure. (McColl et al., 1982 ; Aina, 1984 ; Shaw & Pawluk, 1986 ; Stewart et al. 1988 ; Clements et al., 1991 ; Springett et al., 1992 ; Zhang et Schrader, 1993).

#### **I.2.5 Les vers de terre et la fertilisation du sol**

Selon Lavelle (1988), Les activités de vers de terre sur les propriétés du sol sont :

- ✓ Leurs nombreuses galeries permettant une meilleure infiltration de l'eau ;
- ✓ Les tunnels qu'ils creusent favorisent une meilleure aération du sol ;
- ✓ Ils sont capables de briser la semelle de labour ;
- ✓ Ils diminuent les zones de compaction ;
- ✓ Ils gèrent efficacement les matières organiques fraîches ;
- ✓ Ils stimulent la croissance des plantes ;
- ✓ Le pH est stabilisé ;
- ✓ Leur activité encourage la prolifération des microbes ;
- ✓ Et la structure des sols est grandement améliorée.

#### **I.2.6 Les recherches sur les lombriciens en Algérie**

L'inventaire systématique et la répartition des vers de terre en Algérie sont encore mal connus (Baha et al., 2001 ; Omodeo et al., 2003 ; Kherbouche et al., 2012 ; Zeriri et al., 2013).

Les premières études sur les vers de terre en Algérie, ont été réalisées par Gandolphe en 1861 dans la région d'Annaba. Par la suite, Beddard (1892) a signalé la présence de *Microscolex algeriensis*. Dès lors, les travaux ont été interrompus et n'ont été repris qu'en 1987 par Omodeo et Martinucci qui ont identifié des vers de terre dans les régions forestières du massif du Djurdjura et de l'Akfadou.

En 1992, Baha a entrepris des études quantitatives et qualitatives des vers de terre sur des sols cultivés. Les recherches de Baha (1997) sur les oligochètes des régions d'El Harrach, du Hamma et Birtouta (le secteur algérois) ont aboutis au recensement de 11 espèces. En 2003,

Omodeo et al., ont mis l'accent sur la biogéographie et les caractères écologiques des oligochètes du Maghreb.

Omodeo *et al.* 2003 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. 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*).

Bazri (2015), a inventorié 18 espèces lombriciennes représentées par 3 familles : *Lumbricidae* (avec 8 genres ; *Aporrectodea*, *Allolobophora*, *Octodrilus*, *Eisenia*, *Dendrobaena*, *Eiseniella*, *Proctodrilus* et *Octolasion*), *Megascolecidae* (un seul genre *Microscolex*) et *Hormogastridae* (avec le genre *Hormogaster*).

### **I.3 Les vers de terre et les produits phytosanitaires**

#### **I.3.1 Introduction**

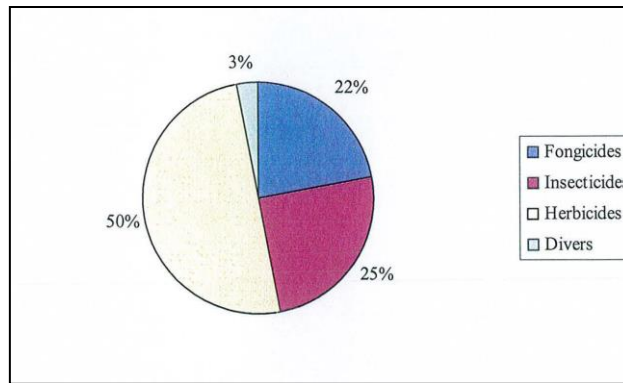
L'utilisation de substances phytosanitaires pose des problèmes d'ordre agronomique et environnemental, en raison notamment de leur persistance dans les milieux naturels. Cette persistance est le résultat de tout un ensemble de processus physique, chimiques et biologiques qui se déroulent simultanément ou successivement dans le sol.

#### **I.3.2 Définition des produits phytosanitaires**

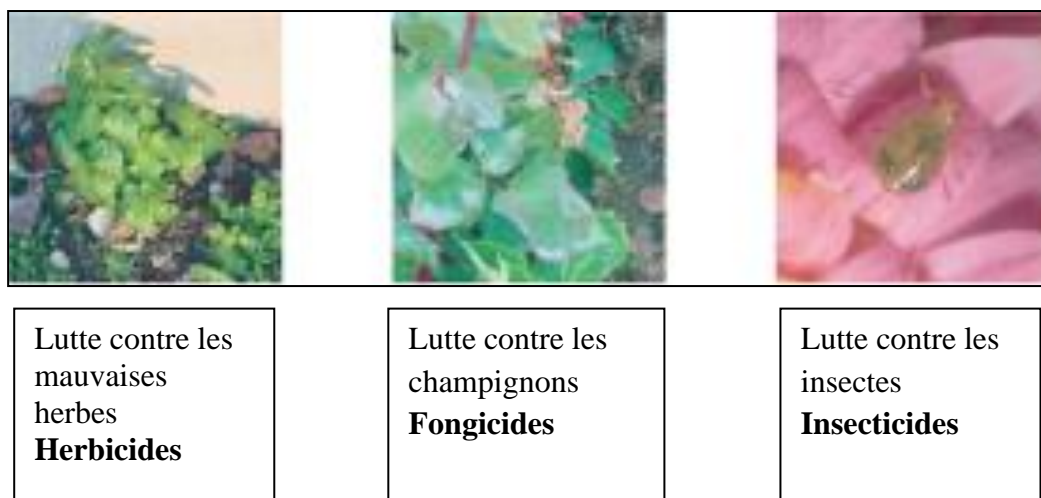
Les pesticides, produits phytosanitaires, phytopharmaceutiques, agropharmaceutiques, produits de lutte contre les ennemis des cultures, de lutte antiparasitaire, pour la protection des plantes, sont tous les noms servant à définir des substances chimiques parfois minérales et en majorité sous forme de composés organiques de synthèse épandues sur les plantes cultivées pour les protéger.

Il existe trois grandes familles de produits phytosanitaires classées selon la nature de l'espèce nuisible : les fongicides, les herbicides et les insecticides (figure 10 et 11). À celles-ci s'ajoutent les acaricides (contre les acariens), les nématocides (contre les nématodes), les rodenticides (contre les rongeurs), les taupicides (contre les taupes), les molluscicides (contre les limaces et les escargots essentiellement), les corvicides et les corvifuges (contre les oiseaux et surtout les corbeaux) et enfin les répulsifs.

La figure 10 et 11, représente les différentes catégories des produits phytosanitaires.



**Figure 10.** La répartition mondiale des produits phytosanitaires par catégorie de produits en 2002 (d'après UIPP, 2004).



**Figure 11.** Les trois grandes familles de produits phytosanitaires

### I.3.4 Effets sur les lombriciens

En raison de leur exposition aux pesticides, les vers de terre sont incapables d'exercer leurs fonctions vitales dans le sol (Rathore et Nollet, 2012). Ils peuvent affecter leur taux de mortalité soit directement par un stress aigu ou indirectement en affectant leur reproduction, leurs fonctions neurologiques ou en provoquant des changements dans leurs comportements. Les pesticides ont un effet négatif sur la survie et la reproduction des lombriciens. Ces effets néfastes dépendent des espèces, du type de contaminants et de leurs concentrations, ainsi que des caractéristiques du sol, (Roriguez Campos et *al.*, 2014). Les espèces épigées et anéciques sont principalement plus sensibles que les espèces endogées quant à l'application en surface de pesticides (Singh et *al.*, 2016).

## I. Présentation des stations d'étude

L'échantillonnage a été effectué au niveau de deux stations Boghni et Azeffoune situées dans la wilaya de Tizi Ouzou. La figure ci-dessous présente la localisation géographique des deux stations.



**Figure 12.** Localisation géographique des stations d'étude Boghni et Azeffoune par rapport à la wilaya de Tizi Ouzou (Google Earth, Google maps.2007)

### I.1 La station de Boghni

#### I.1.1 Situation géographique

La station de Boghni est située à environ 38 km au Sud-Ouest de Tizi Ouzou, à 15 km à l'ouest d'Ouadhia et à 13 km à l'est de Draâ El Mizan.

Les coordonnées géographiques de la station de Boghni sont :

- **Latitude** : 36° 32' 28'' Nord
- **Longitude** : 3° 57' 20'' Est
- **Altitude** : 264 m

La station d'échantillonnage « Boghni » est un domaine agricole cultivé non traité depuis 5 ans, d'une superficie d'environ huit hectares. La figure 13 représente le terrain échantillonné de Boghni.



**Figure 13.** Terrain échantillonné à la station de Boghni (Originelle, 2019)

### I.1.2 La végétation

La végétation de la station d'étude « Boghni » est caractérisée par une strate arborescente qui est représentée principalement par l'olivier et les arbres fruitiers : citronniers, amandiers, figuiers. On y trouve aussi quelques espèces herbacées comme : Fougère aigle (*Pteridium aquilinum*), Chardon marie (*Silybum marianum*), Ail triquètre (*Allium triquetrum*), Ortie (*Urtica sp*) Mauve (*Malva parviflora*).

La figure 14, représente quelques espèces végétales de la station de Boghni.



« a »



« b »



« c »



« d »



« e »

**Figure 14.** Végétation présente au niveau du terrain échantillonné à la région de Boghni (Originelle, 2019) (a. Fougère aigle (*Pteridium Aquilinum*) / b. Chardon marie (*Silybum Marianum*)/ c. Ail triquètre (*Allium Triquetrum*) / d. Ortie (*Urtica Sp*) / e. Mauve (*Malva Parviflora*)

## I.2 La Station d'Azeffoune

### I.2.1 Situation géographique

Azeffoune est une ville côtière de la wilaya de Tizi Ouzou qui est située à 70 km au Nord-Est de Tizi Ouzou et à 95 km à l'Ouest de Bejaïa.

Les coordonnées géographiques d'Azeffoune sont :

- latitude : 36°53'46'' Nord
- longitude : 4°25'13'' Est
- altitude : 35 m

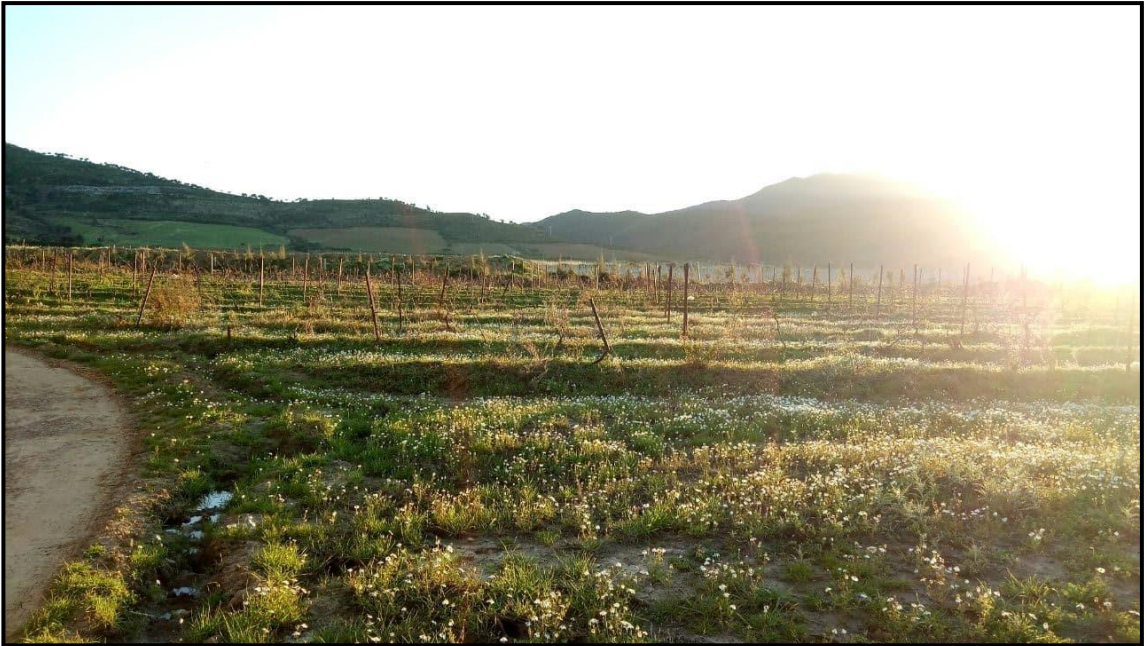
La station d'Azeffoune (figure 15) se situe au Nord-Est de la wilaya de Tizi Ouzou. Elle est délimitée :

- Au Nord par la mer Méditerranée ;
- A l'Est par la commune d'Ait Chaffa ;
- Au Sud par Akerrou ; Aghrib ;
- A l'Ouest par Iflissen.

La station d'échantillonnage est un domaine agricole d'une superficie d'environ dix hectares, dont le type de culture est la vigne traité par divers pesticides tel que :

- FUSILADE FORTE : un herbicide anti-graminées qui contient du Fluazifop.
- NEORAM WG : un fongicide utilisé contre le mildiou et le black rot, il contient de l'Oxychlorure de cuivre.
- CRUISER 350 FS : un insecticide utilisé contre les vers blancs, les pucerons et les cicadelles il contient du Thiamethoxan.
- BAYFIDAN : un fongicide anti-oïdium, de la famille chimique des Triazoles.
- ROVRAL 500sc : un fongicide anti-botrytis, de la famille chimique des Dicarboxamides.
- CHALLENGE 600sc : un herbicide qui cible les adventices de la famille chimique des Diphényles-éthers.

La figure ci-dessous représente le terrain échantillonné d'Azeffoune.



**Figure 15.** Terrain échantillonné à la station d'Azeffoune (Originelle, 2019)

### I.2.2 La végétation

La végétation dans la station d'Azeffoune est pratiquement inexistante hormis la strate herbacée présentée par la vigne. La forte utilisation des pesticides est la cause de la disparition de la strate herbacée, mais quelques espèces résistent encore à l'effet de ces pesticides tel que : Anacycle Tomenteux (*Anacyclus Clavatus*), Inule visqueuse (*Dittrichia Viscosa*), Chardon laiteux (*Galactite Tomentosa*).

La figure 16, représente quelques espèces végétales de la station d'Azeffoune.



« a »

« b »



« c »

**Figure 16.** Végétation présente au niveau du terrain échantillonné à la région d'Azeffoune (Originelle, 2019) (a. Anacycle Tometeux (*Anacyclus Clavatus*) / b. Inule visqueuse (*Dittrichia Viscosa*) / c. Chardon laiteux (*Galactite Tomentosa*).

## II. Situation climatique

Le climat joue un rôle essentiel dans la détermination de la nature d'un sol car il est considéré comme l'un des facteurs les plus importants qui ont une influence directe ou indirecte sur les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol (Faurie et al., 2003).

## II.1 Caractéristiques climatiques de la station de Boghni

Boghni est caractérisée par un climat tempéré chaud, en été les pluies sont moins importantes qu'elles ne le sont en hiver.

Elle affiche aussi une température annuelle moyenne de 17.7 °C et il tombe en moyenne 779 mm de pluie par an, (données de l'APC de Boghni).

## II.2 Caractéristiques climatiques de la station d'Azeffoune

Azeffoune est caractérisée par un climat tempéré chaud. En hiver, les pluies sont bien plus importantes qu'elles ne le sont en été. La température moyenne annuelle est de 18.1 °C et la moyenne des précipitations annuelles atteints 850 mm, (données de l'APC d'Azeffoune).

## II.3 Etude climatique des deux stations

L'analyse des températures et des précipitations d'une station permet de définir son étage bioclimatique, à travers le quotient pluviométrique et le cliamagramme d'Emberger.

Les températures mensuelles moyennes, minimales et maximales ainsi que les précipitations des deux régions sont mentionnés dans les tableaux ci-dessous :

**Tableau 03.** Variation climatiques annuelles de Boghni (2012 - 2017). Source : APC de Boghni

	Jav	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>T moy(°C)</b>	9.4	10.7	12.7	14.9	18.9	23.2	27	27.5	24.6	19.1	14	10.2
<b>T min(°C)</b>	5.4	6.5	8.3	10.1	13.9	18.1	21.5	21.9	19.9	14.6	10	6.1
<b>T max(°C)</b>	13.5	14.9	17.2	19.8	23.9	28.3	32.6	33.2	29.4	23.6	18.1	14.4
<b>P (mm)</b>	136	93	80	57	47	21	3	5	35	63	102	137

Les précipitations moyennes les plus faibles sont enregistrées en mois de juillet avec 3 mm, le mois de Janvier affiche les précipitations les plus importantes avec une moyenne de 137 mm.

Les températures moyennes les plus élevées sont enregistrées durant les mois de Juillet et Août avec une température moyenne de 27,5 °C, le mois de Janvier affiche les

températures moyennes les plus basses avec 9.4 °C qui font du mois de Janvier le plus froid de l'année.

**Tableau 04.** Variation climatiques annuelles d'Azeffoune (2012 – 2017). Source : APC d'Azeffoune

	Jav	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>T moy(°C)</b>	11.5	12	13.8	15.9	19	22.2	25.3	26.1	24	20	15.6	12.3
<b>T min(°C)</b>	8.1	8.5	9.9	11.6	14.6	18	20.9	21.5	19.8	16.2	12.2	8.7
<b>T max(°C)</b>	14.9	15.6	17.7	20.2	23.4	26.5	29.8	30.7	28.2	23.9	19.1	16
<b>P (mm)</b>	134	92	83	55	44	19	2	7	45	88	127	154

Les précipitations moyennes les plus faibles sont enregistrées en mois de juillet avec 2 mm, le mois de Décembre affiche les précipitations les plus importantes avec une moyenne de 154 mm.

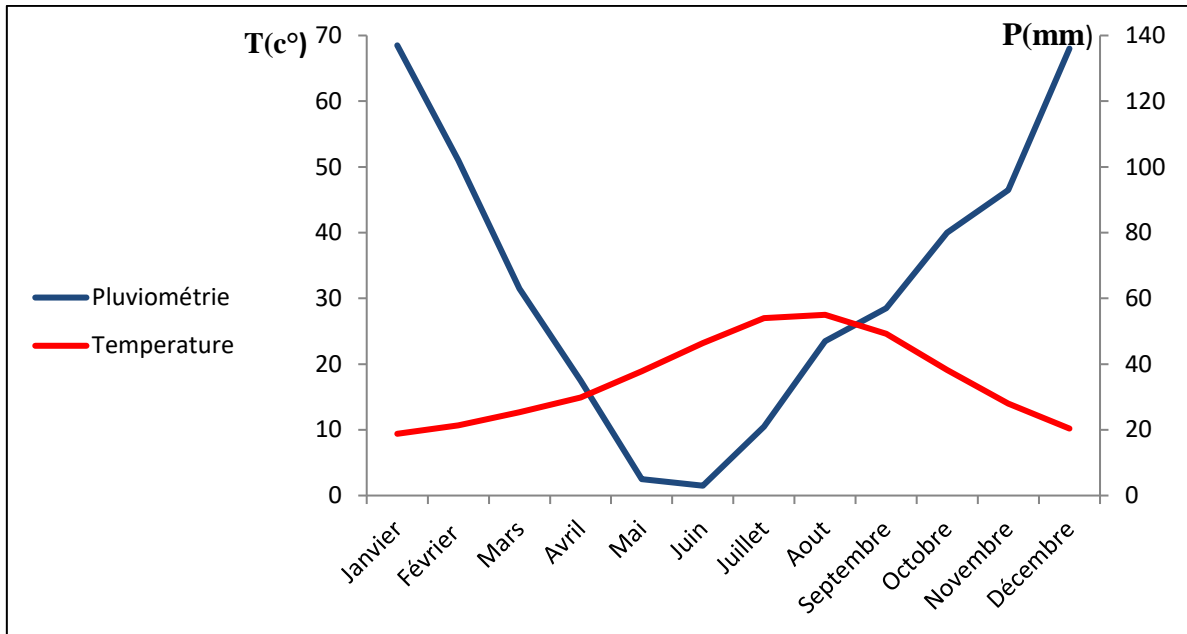
Les températures moyennes les plus élevées sont enregistrées durant le mois d'Août avec une température moyenne de 26.1 C°, le mois de Janvier affiche les températures les plus basses avec 11.5 °C qui font du mois de Janvier le plus froid de l'année.

### II.3.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

C'est le mode de représentation graphique des paramètres pluviométriques permettant de déterminer et de localiser la période sèche correspondante aux mois où la courbe des précipitation est située au dessous de celle de température.

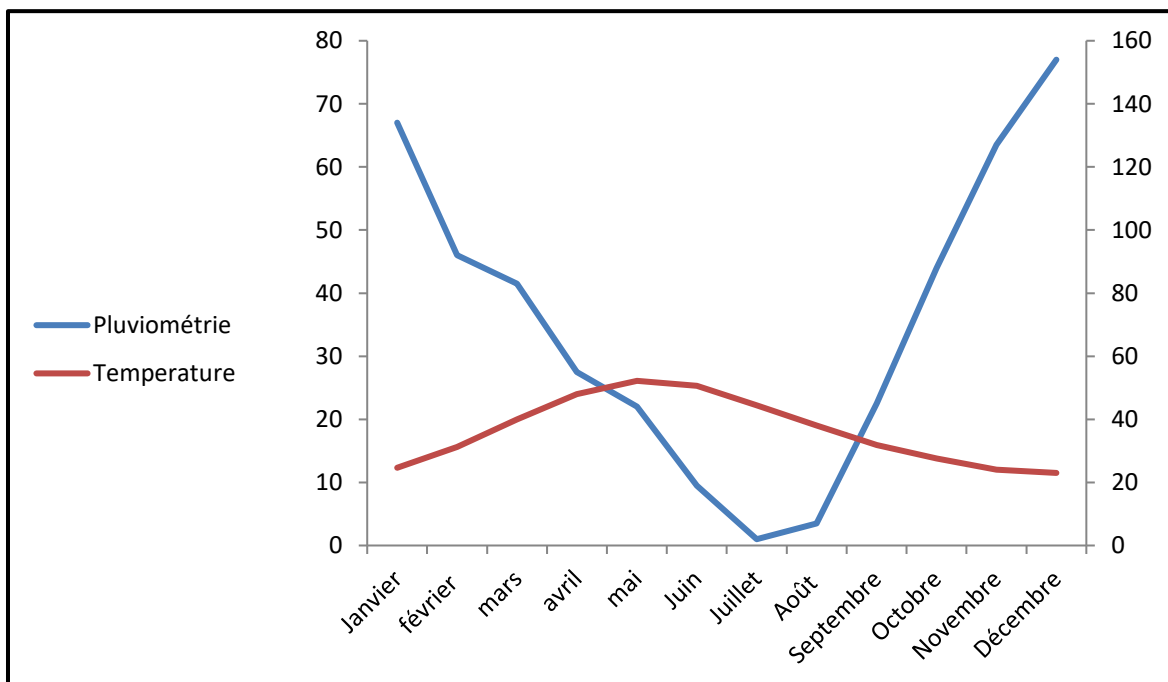
L'échelle de la pluviométrie (P) en mm est égale au double de celle de la température moyenne mensuelle (T) exprimée en degrés Celsius (C°) (Dajoz, 1985).

Les figures 17 et 18 présentent les diagrammes ombrothermique des deux stations d'étude (Boghni et Azeffoune).



**Figure 17.** Diagramme ombrothermique de la station de Boghni (2012-2017)

La période sèche commence lorsque la courbe des précipitations descend au-dessous de celle de la température et prend fin dans le cas contraire. D'après le diagramme ombrothermique de la région de Boghni (Fig 17). La période sèche s'étale de la dernière semaine du mois d'Avril jusqu'à la fin d'août pour la période 2012-2017.



**Figure 18.** Diagramme ombrothermique de la station d'Azeffoune (2012-2017)

D'après le diagramme ombrothermique de la région d'Azeffoune (Fig 18), la période sèche s'étale du début Mai jusqu'à la première semaine du mois de Septembre pour la période 2012-2017.

### II.3.2 Quotient pluviométrique d'Emberger

Ce quotient permet de classer le climat de la région d'étude, en faisant intervenir la sécheresse et la température du mois le plus froid (Dajoz, 1985).

Les valeurs du quotient combinées à celle de « m » sur le climagramme d'Emberger permettent de déterminer l'étage et les variations climatiques.

Il est donné par la formule de Stewart :

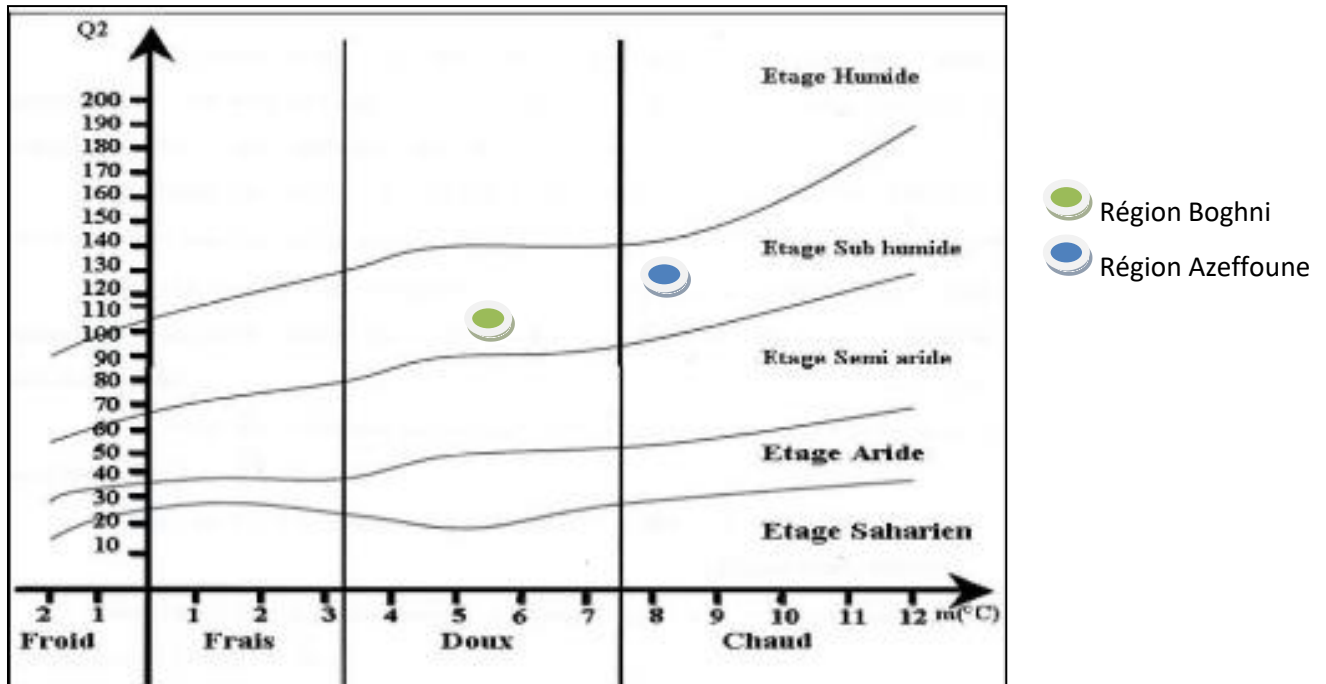
$$Q2 = 3,43 P / M - m$$

- P : Somme des précipitations annuelles en (mm) ;
- M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en (°C) ;
- m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en (°C).

D'après Faurie et al (2003), cet indice n'est vraiment établi que pour la région méditerranéenne. En fonction de la valeur de ce coefficient, on distingue les zones suivantes :

- $Q2 > 100$  : zone humide
- $100 > Q2 > 50$  : zone sub-humide (tempérée)
- $50 > Q2 > 25$  : zone semi-aride
- $25 > Q2 > 10$  : zone aride
- $Q2 < 10$  : zone désertique

La figure ci-dessous démontre l'étage bioclimatique des deux régions d'étude.



**Figure 19.** Projection de la région de Boghni et d'Azeffoune dans le climagramme d'Emberger (2012-2017)

Le quotient calculé pour les deux régions d'étude est :

- Pour la région de Boghni :  $Q2 = 96.11$  avec  $T (^{\circ}C) = 5.4$ , ce qui signifie que son climat est situé dans l'étage sub-humide à hiver doux ;
- Pour la région d'Azeffoune :  $Q2 = 129$  avec  $T (^{\circ}C) = 8.1$ , ce qui signifie que son climat est situé dans l'étage sub-humide à hiver chaud, en raison de l'effet tampon de la mer et des vents des alyés.

## I. Echantillonnage

L'échantillonnage s'est déroulé durant le mois de Mars où l'activité des vers de terre est intense.

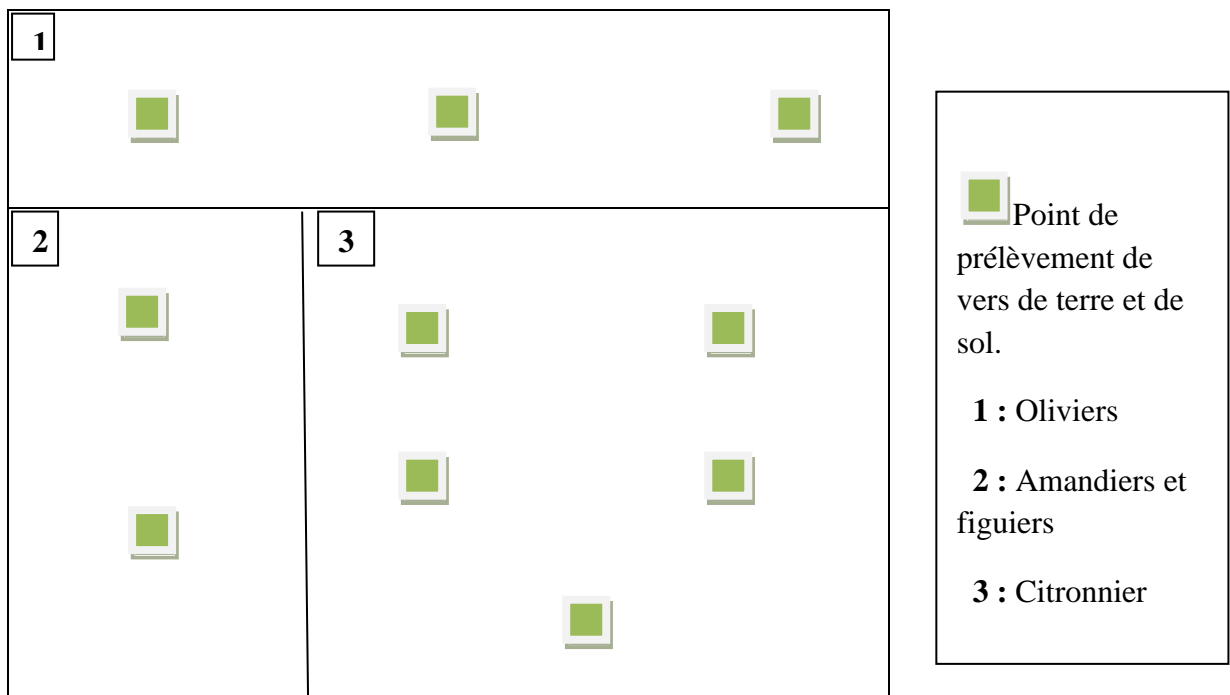
Nous avons sélectionné au hasard au niveau des deux stations deux parcelles réparties comme suit :

- Parcelle de Boghni : terrain a arboriculture fruitière non traité depuis plus de 5 ans dont les principales cultures sont : Citronniers ; Figuiers ; Amandiers et Oliviers.
- Parcelle d'Azeffoune : c'est un vignoble traité.

### 1.1 Méthodologie d'échantillonnage

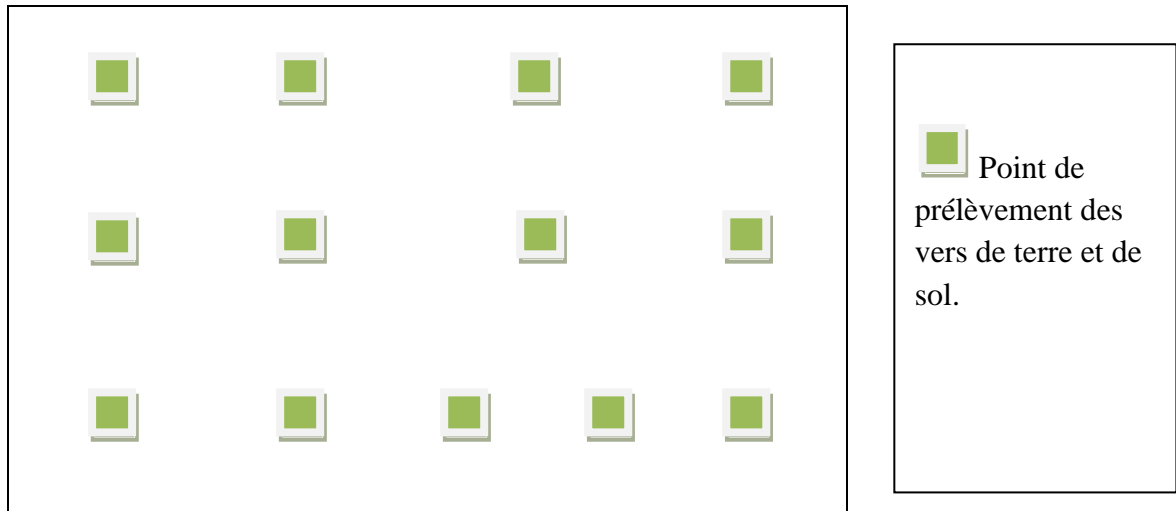
Après prospection et la mise en place du plan d'échantillonnage, nous avons effectué des relevés dans chacune des parcelles sélectionnées, où les prélèvements ont été effectués sur des superficies de 30 x 30 cm<sup>2</sup> et des profondeurs qui dépassent 20 cm, en respectant l'aire minimale d'échantillonnage (fig20 et fig 21).

#### 1.1.1 La station Boghni :



**Figure 20.** Plan d'échantillonnage établi pour la parcelle de Boghni

### 1.1.2 La Station Azeffoune :



**Figure 21.** Plan d'échantillonnage établi pour la parcelle d'Azeffoune

## 1.2 Prélèvement des vers de terre

### ➤ Matériel utilisé

- Une paire de bottes ;
- Des gants ;
- un quadra (moulage en acier (30 x 30 cm) pour déterminer la surface du relevé) ;
- Boîtes en plastiques ;
- étiquettes et crayons ;
- Pelles.

Pour les prélèvements nous avons utilisé la méthode physique inspiré de Bouché (1972), en respectant les phases suivantes:

- ✓ Désherber le sol sur chaque point de prélèvement ;
- ✓ Placer le quadra sur un point de prélèvement et l'enfoncer dans le sol ;
- ✓ Remonter le sol à l'aide de bêches, jusqu'à obtention d'une cavité cubique d'une largeur de 30 cm et profondeur de 20 cm ou plus, correspondant aux dimensions du quadra ;
- ✓ Trier soigneusement le sol et collecter les vers de terre qui s'y trouve ;

- ✓ Mettre les individus d'un même point de prélèvement dans une boîte en plastique étiquetée (date, type de culture, numéro du point de prélèvement) ;
- ✓ Mettre une bonne quantité de sol dans chaque boîte pour garder les individus à l'état vivant et faire une analyse pour le sol.

La figure suivante illustre ces différentes phases :



**Figure 22.** Photos illustrant les différentes phases de prélèvement des vers de terre et de sol

## II. Travail au laboratoire

### II.1 Identification des espèces

#### ➤ Matériel utilisé

Pour cette étape divers matériaux ont été utilisé :

- ✓ Boîtes de pétri ;
- ✓ Pincés ;
- ✓ Loupes binoculaires,
- ✓ Formol à 4 %.

Pour réaliser et s'initier au travail d'identification, la préparation du matériel biologique est nécessaire, nous avons ensuite effectué ces différentes étapes :

- Verser le contenu des boîtes dans une grande bassine et laver les vers pour les débarrasser de toutes les impuretés.
  - Trier et séparer les espèces, en se basant sur les critères morphologiques (couleurs, extrémité caudale, forme du clitellum...etc.) ;
  - Comptage de nombre d'individus pour chaque espèce en séparant les juvéniles des adultes.
  - Observation de plus près par une loupe binoculaire (afin d'identifier d'autres critères) ;
  - Les individus de chaque espèce sont ensuite fixés au formol à 4%.
- Notre apprentissage d'identification est réalisé en se basant sur les clés d'identifications de Bouché (1972) et les travaux établis par Baha (2001). En mesure de s'assurer de la fiabilité de nos observations, un deuxième travail d'identification a été assuré par notre promotrice et le professeur Baha spécialiste des vers de terre en Algérie exerçant au niveau de l'ENS d'Alger.

## II.2 Analyses physico-chimique du sol

L'analyse du sol est une procédure visant à caractériser la composition et les qualités physicochimiques d'un sol (teneur en eau, granulométrie, caractérisation des matières organiques et pH).

Avant d'entamer l'analyse du sol, nous avons procédé à la préparation de nos échantillons comme suite :

- Les échantillons de sol ont été séchés à l'air libre (température ambiante du laboratoire) pendant quelques jours ;
- Ecraser les grosses particules afin d'obtenir une fraction fine ;
- Tamiser le sol à l'aide de deux tamis de calibre décroissant (5 mm-2 mm) jusqu'à l'obtention d'une terre de diamètre inférieur ou égal à 2 mm (fraction fine).

➤ **Matériel utilisé**

Les analyses effectuées pour déterminer les caractéristiques physico-chimiques du sol prélevé de chaque station ont nécessité l'utilisation de divers matériels de laboratoire ainsi que de composés chimiques :

➤ **Divers appareils**

- Balance de précision ;
- Agitateur thermique ;
- Bain de sable ;
- Etuve ;
- pH mètre ;
- Chauffe-ballon ;
- Thermomètre ;
- Béchers, ballons, fioles, pipette, tamis, vers de montres, masse de fer.

➤ **Réactifs chimique**

- Eau distillée ;
- Eau oxygénée ;
- Acide sulfurique ;
- Hexamétaphosphates de Sodium ;
- Sel de Mohr ;
- Bichromates de Potassium ;
- Flourure de Sodium ;
- Soude ;
- Kcl ;
- Diphénylamine.

**a. Détermination du pH**

Le potentiel Hydrogène exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité d'un sol c'est l'une de ses plus importantes caractéristiques physico-chimiques ;

Il est défini par la relation suivante :

$$PH = -\log a_{H^+}$$

❖ **Mode opératoire**

- Détermination de l'acidité actuelle :

Elle exprime les ions  $H^+$  dissociés, dans la solution du sol, à un moment donné, et en équilibre ionique, avec les radicaux qui les ayant libérés, et les autres ions du milieu, pour cela on a procédé comme suite :

- Peser 20 g de fraction fine de chaque sol obtenue après tamisage;
- Porter dans un bécher de 100 ml, et y ajouter 50 ml d'eau distillés, bouillie, refroidie ;
- Agiter la suspension pendant quelques minutes grâce à un agitateur en verre ;
- Laisser la suspension au repos pendant 15 mn et agiter à nouveau ;
- Prendre le pH de la suspension, après stabilisation de l'aiguille de l'appareil ;
- Rincer l'électrode à l'eau distillée et l'essuyer à chaque utilisation.

➤ Déterminer l'acidité totale, potentielle, ou d'échange :

Elle est définie comme la totalité des ions  $H^+$  échangeables, et qui sont susceptibles d'être remplacés par un cation, lors d'une neutralisation pour cela on a ajouté aux deux suspensions précédentes, 3,72 g de Kcl qu'on a agité afin de le dissoudre pour ensuite faire une deuxième lecture du PH.

Le matériel utilisé pour la réalisation de cette analyse est présenté dans la figure suivante :



**Figure 23.** Photo illustrant le matériel utilisé pour la détermination de PH (Originelle, 2019)

### **b. Détermination de l'humidité hygroscopique**

Chaque sol contient de l'eau. La capacité de rétention de l'eau d'un sol varie beaucoup en fonction de la porosité. L'eau se retrouve généralement dans les pores.

Elle est définie par la relation suivante :

$$H = a \times 100 / b$$

- b : Masse (en gramme) d'eau évaporée
- a : Masse du sol sec (à l'étuve)

#### ❖ Mode opératoire

Pour déterminer la valeur de l'humidité on a effectué une méthode qui consiste à :

- Peser deux béchers vides ; afin de pouvoir calculer par la suite la masse d'eau évaporée ;
- Peser dans chaque bécher 5 g de chaque sol (fraction fine de 2 mm) ;
- Porter les bécher à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures (temps au bout duquel, en général, le sol perd son humidité hygroscopique) ;
- Après ce temps, ressortir dans un dessiccateur, et repeser.

Le matériel utilisé pour la réalisation de cette analyse est présenté dans la figure suivante :



**Figure 24.** Photo illustrant le matériel utilisé pour la détermination l'humidité hygroscopique (Originelle, 2019)

#### c. Dosage du carbone organique du sol

Le carbone organique présent dans les sols naturels présente un équilibre dynamique entre les apports de débris végétaux et de déjections animales et la perte due à leur décomposition. Exprimé en pourcentage (%). Le taux de carbone organique est déterminé par la méthode d'ANNE.

Elle est définie par la relation suivante :

$$\% \text{ de la matière organique} = 1,72 \times C(\%)$$

#### ❖ Mode opératoire

Afin de déterminer le taux de matière organique totale de chaque sol on a suivie divers étapes :

- Peser 0,250g du sol (fraction fine) ;
- Introduire cette terre dans un ballon de 250 ml avec 10 ml de la solution aqueuse de bichromate de potassium à 8 % ;
- Ajouter ensuite 15 ml d'acide sulfurique concentré (pur) ;
- Porter le ballon à ébullition sur un bain de sable ;
- Laisser bouillir pendant 5 mn, à partir de la première goutte condensée,
- Retirer le ballon, et laisser refroidir ;
- Transvaser dans une fiole de 200 ml, et ajuster avec les eaux de rinçage, au trait de jauge ;
- Prélever une aliquote de 20 ml, et ajouter 200 ml d'eau distillée ;
- Ajouter une pincée de fluorure de sodium (Na F), et 4 à 5 gouttes de diphénylamine ;
- Tirer à froid le bichromate en excès, à l'aide de sel de Mohr jusqu'à l'obtention d'une couleur verte) ;
- Réaliser un témoin : qui se fera avec 10 ml de bichromate, mais sans la prise de terre.

Le matériel utilisé pour la réalisation de cette analyse est présenté dans la figure suivante :



**Figure 25.** Le matériel utilisé pour la détermination de la matière organique du sol

#### d. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique s'effectue sur une prise d'essai de terre fine ( $\leq 2\text{mm}$ ). Elle a pour but de déterminer le pourcentage des différentes fractions de particules constituant les agrégats à savoir :

- **Fraction grossière (diamètre (d) des particules  $> 2\text{ mm}$ ):** cailloux, graviers.
- **Fraction intermédiaire** constituée de:
  - Sables: particules de  $2\text{ mm}$  à  $50\ \mu\text{m}$  (sable grossiers:  $2\text{ mm}$  à  $0,2\text{ mm}$ ; sable fins:  $0,2\text{ mm}$  à  $50\ \mu\text{m}$ );
  - Limons: particules de  $50\ \mu\text{m}$  à  $2\ \mu\text{m}$  (limons grossiers:  $50\ \mu\text{m}$  à  $20\ \mu\text{m}$ ; limons fins:  $20\ \mu\text{m}$  à  $2\ \mu\text{m}$ ).
- **Fractions fine ( $d \leq 2\ \mu\text{m}$ ):** cette fraction est communément appelée argile.

La figure ci-dessous démontre les différentes classe granulométriques.

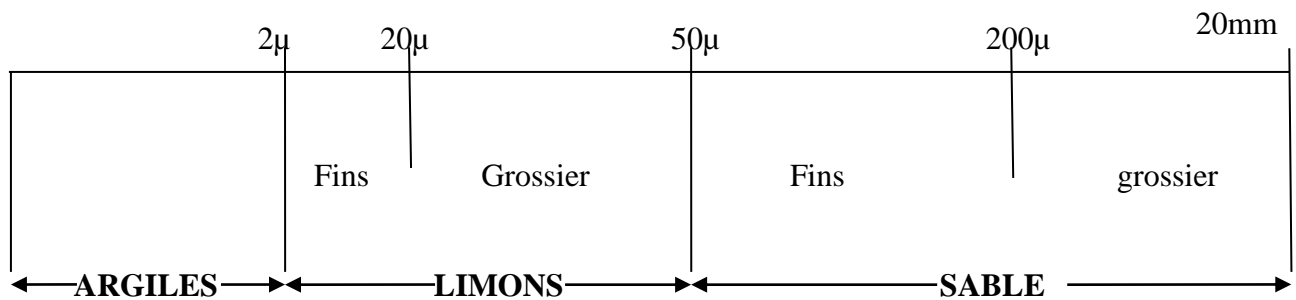


Figure 26. Classes granulométriques (Baize, 1989)

#### ❖ Mode opératoire

Le principe de cette méthode consiste à :

- Peser 20g de terre fine de chaque sol, les mettre dans des bouteilles en verre ;
- Ajouter 10ml d'eau oxygénée, laisser reposer 24 h ;
- Mettre sur le bain de sable a  $60^{\circ}\text{C}$  dans le but de la destruction de la matière organique (formation d'une mousse qui disparaît progressivement, prend environ 3h) ;
- Ajouter de l'héxamétaphosphate et effectuer 4h d'agitation mécanique dans le but de disperser les particules ;
- Faire les prélèvements en respectant le temps nécessaire ;
- Mettre les premiers prélèvements dans l'étuve jusqu'à séchage ;

- Le reste des prélèvements se font à l'aide de deux tamis superposés (0.2 mm ; 0.05 mm).

Le matériel utilisé pour la réalisation de cette analyse est présenté dans la figure suivante :



**Figure 27.** Photos illustrant les différentes phases suivies pour réaliser l'analyse granulométrique

### III. Analyse de la diversité

La diversité spécifique est un paramètre biologique qui rend compte du nombre d'espèces différentes et de la biodiversité rencontrées dans un écosystème donné.

Les indices de diversités utilisées sont ceux qui renseignent le mieux sur la structure du peuplement tel que :

#### III.1 Abondance

C'est le nombre d'individus d'une espèce.

#### III.2 Abondance relative (A)

Elle est estimée par le rapport du nombre d'individus de l'espèce considérée et le nombre totale des individus. Elle est exprimée par la formule :

$$A(\%) = n_i / N * 100$$

- $n_i$  : nombre d'individus de l'espèce  $i$
- $N$  : effectifs total des individus de toutes les espèces

#### III.3 Biomasse

Quand les individus différents beaucoup par leur taille, il est préférable de mesurer la diversité en utilisant la biomasse qui est traduite par le poids sec.

#### III.4 Fréquence d'occurrence ou centésimale

La fréquence d'occurrence est le pourcentage du nombre de relevés où une espèce est présente sur le nombre total de relevés. Elle est exprimée par la formule suivante :

$$F = p \times 100 / P$$

- $p$  : nombre de relevés contenant l'espèce étudiée
- $P$  : nombre total de relevés effectués

On considère :

- ✓  $F < 25 \%$  : espèce accidentelle
- ✓  $25 \% < F < 50 \%$  : espèce accessoire

- ✓ **50 % < F < 75 %** : espèce régulière
- ✓ **75 % < F < 100 %** : espèce constante
- ✓ **F = 100 %** : espèce omniprésente

### III.4 Richesse spécifique

La richesse spécifique représente le nombre total des espèces que comporte un peuplement considéré dans un écosystème donné. C'est l'un des paramètres fondamentaux qui caractérisent un peuplement (Ramade, 1984).

### III.5 Densité

Correspond au nombre d'individus par unité de surface. Elle est calculée par la formule suivante :

$$D = N_i / SE$$

- $N_i$  : nombre d'individus de l'espèce  $i$
- $SE$  : surface échantillonnée par  $m^2$

### III.6 Indice de Shannon-Weaver ( $H'$ )

Selon Dajoz (1985),  $H'$  permet d'évaluer la diversité faunistique d'un milieu donné et de comparer les faunes de différents milieux malgré la variation des nombres d'individus récoltés.

Il s'exprime par la formule suivante :

$$H' = -\sum_i^s (p_i \log_2 p_i)$$

- $i$  : espèce du milieu d'étude
- $p_i$ : probabilité d'une espèce  $i$  par rapport au nombre total d'espèces dans le milieu d'étude. Elle se calcule comme suite :  $p_i = n_i / N$
- $n_i$  : nombre d'individus de l'espèce  $i$
- $N$  : effectif total des individus de toutes les espèces
- $\log_2 = 0.30$

L'indice de Shannon- Weaver varie entre 0 et 5.

Une communauté est d'autant plus diversifiée quand l'indice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) sera plus grand (se rapproche de 5).

### III.7 Equitabilité

Cet indice est dérivé de celui de Shannon-Weaver, il a été mis au point pour rendre compte de la structure du peuplement. Elle s'exprime par la formule :

$$E = H' / H'_{\max}$$

L'équitabilité varie entre 0 et 1.

- ✓ **Tend vers 0** : quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce ;
- ✓ **Tend vers 1** : lorsque chacune des espèces est représentée par un nombre semblable d'individus.

## IV. Analyse statistique

### Test de Kruskal Wallis

Le test de Kruskal-Wallis d'après William Kruskal et Wilson Allen Wallis est une alternative non-paramétrique à l'ANOVA d'ordre Un (inter-groupes). Il est utilisé pour comparer au moins trois échantillons, et tester l'hypothèse nulle suivant laquelle les différents échantillons à comparer sont issus de la même distribution ou de distributions de même médiane

## I. Résultats

### I.1 Paramètres physico-chimiques des sols

Les paramètres physico-chimiques des sols échantillonnés au niveau des deux stations Boghni et Azeffoune sont résumés dans le tableau 05 :

**Tableau 05.** Paramètres physico-chimiques des sols échantillonnés (Boghni / Azeffoune)

Paramètre \ Terrain	Station Boghni	Station Azeffoune
Texture du sol (%) :		
• Argile (< 2 $\mu\text{m}$ )	23.75	33.75
• Limons (2-50 $\mu\text{m}$ )		
- Limons fins	7.5	5
- Limons grossiers	38.2	41.15
• Sable (50-2000 $\mu\text{m}$ )		
- Fins	10.1	11.55
- Grossiers	20.45	8.55
Humidité (%)	9,64	5,70
pH	6,88	5,80
Matière organique (%)	5,23	3,72

D'après le guide des analyses physico-chimique du sol (Texture, humidité, pH, taux de matière organique et le carbone) de Baize (1989), nous avons conclu que les deux sols sont classés comme suit :

- ✓ Le sol de la station de Boghni est d'une texture limoneuse, alors que celui de la station d'Azeffoune est d'une texture argilo-limoneuse (en comparaison avec les valeurs proposées par Baize (1989) en annexe I, tableau 02.

- ✓ Le sol de Boghni est caractérisé par humidité assez élevée avec un taux de 9.64%, alors que celui d'Azeffoune par une humidité relativement faible avec un taux de 5.70%.
- ✓ Le pH du sol de la station de Boghni est presque neutre (6.88) alors que celui de la station d'Azeffoune est faiblement acide (5.80) (en comparaison avec les valeurs proposées par Baize (1989) en annexe I, tableau 01.
- ✓ Le sol échantillonné au niveau de la station de Boghni est caractérisé par une teneur élevée en matière organique, avec un taux de 5.23%, alors que celui d'Azeffoune est moins riche en matière organique avec un taux de 3.72% (en comparaison avec les valeurs proposées par Baize (1989) en annexe I, tableau 02.

## I.2 Inventaire des espèces de vers de terre dans les deux stations Boghni et Azeffoune

### ➤ Station de Boghni :

Huit espèces de vers de terre ont été récoltées au niveau la station d'étude de Boghni avec 354 individus. Ces derniers appartiennent à trois familles et quatre genres (Tableau 07) :

- LUMBRICIDAE : avec 247 individus ;
- OCNERODRILIDAE : avec 101 individus ;
- MEGASCOLECIDAE : avec 06 individus.

**Tableau 06.** Nombre d'individus récoltés dans la station de Boghni par familles, genres et espèces.

Famille	Nombre		Jeunes	Adultes	Total
	Espèce				
LUMBRICIDAE	<i>Allolobophora rosea</i>		30	10	40
	<i>Allolobophora caliginosa</i>		05	02	07
	<i>Allolobophora géorgi</i>		22	03	25
	<i>Allolobophora chlorotica</i>		117	17	134
	<i>Octodrilus complanatus</i>		04	03	07
	Octodrilus sp		33	01	34
OCNERODRILIDAE	<i>Nicodrilus caliginosus</i>		88	13	101
MEGASCOLECIDAE	<i>Amynthas sp</i>		02	04	06
			301	53	354

### ➤ Station d'Azeffoune

Trois espèces de vers de terre ont été récoltées au niveau de la station d'Azeffoune avec 61 individus, représentées par une seule famille « LUMBRICIDAE ». (Tableau 07).

**Tableau 07.** Nombre d'individus récoltés dans la station d'Azeffoune par familles et espèces.

Famille	Nombre		Jeunes	Adultes	Total
	Espèce				
LUMBRICIDAE	<i>Octodrilus complanatus</i>		06	03	09
	<i>Allolobophora kaylianus</i>		11	03	14
	<i>Allolobophora chlorotica</i>		37	01	38
			54	07	61

#### I.2.1 Distribution des espèces lombriciennes de la région de Boghni selon le type de cultures

Dans cette station, 354 individus ont été récoltés, ils sont représentés comme suit :

- Culture « olivier », trois espèces de vers de terre ont été identifiées :
  - *Allolobophora rosea* (17 individus)
  - *Allolobophora chlorotica* (117 individus)
  - *Amyntas sp* (17 individus)
- Culture « citronnier », quatre espèces de vers de terre ont été identifiées :
  - *Nicodrilus caliginosus* (52 individus)
  - *Octodrilus complanatus* (05 individus)
  - *Allolobophora caliginosa* (12 individus)
  - *Allolobophora rosea* (49 individus)
- Culture « amandier », deux espèces de vers de terre ont été identifiées :
  - *Octodrilus complanatus* (03 individus)
  - *Allolobophora géorgi* (25 individus)
- Culture « figuier », trois espèces ont été identifiées :
  - *Allolobophora rosea* (34 individus)
  - *Octodrilus complanatus* (04 individus)
  - *Octodrilus sp* (19 individus)

### I.2.2 Distribution des espèces lombriciennes de la région d'Azeffoune selon le type de cultures

Dans la station d'Azeffoune un seul type de culture (vignoble) est présent dont trois espèces de vers de terre ont été récoltés avec 61 individus :

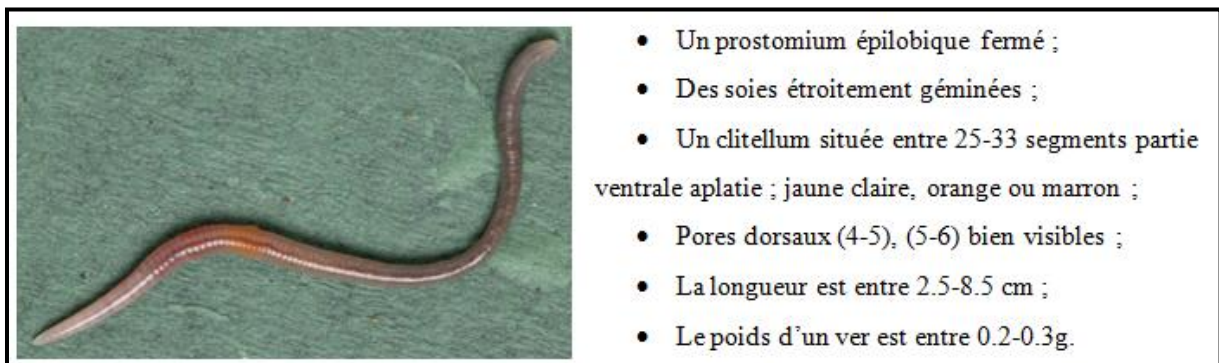
- *Octodrilus complanatus* (09 individus)
- *Allolobophora kaylianus* (14 individus)
- *Allolobophora chlorotica* (38 individus)

#### ❖ Caractérisation morphologique de chaque espèce :

Les caractéristiques morphologiques de chaque espèce récoltée et identifiée sont résumées dans les figures ci-dessous par référence et comparaison aux données bibliographiques (fig 28 à fig 35) :

##### a. *Allolobophora rosea* (Savigny, 1826) :

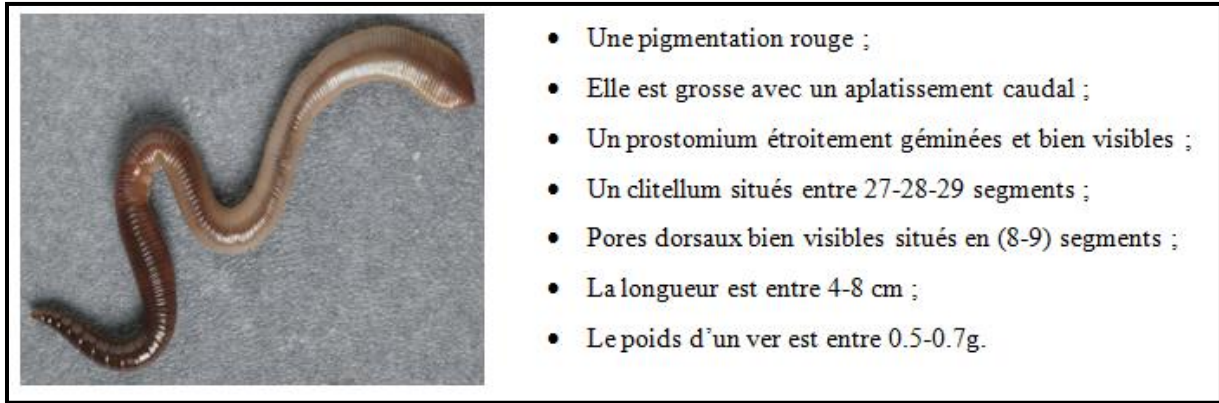
Cette espèce est présente uniquement au niveau de la station de Boghni, elle a été récoltée dans les premiers centimètres du sol; déjà été déterminés par Bouché (1989) comme espèce endogée. Ses critères d'identifications sont portés sur la (fig 28)



**Figure 28.** Critères d'identification de l'espèce *Allolobophora rosea* (Savigny, 1826)

##### b. *Octodrilus complanatus* (Dugés, 1828)

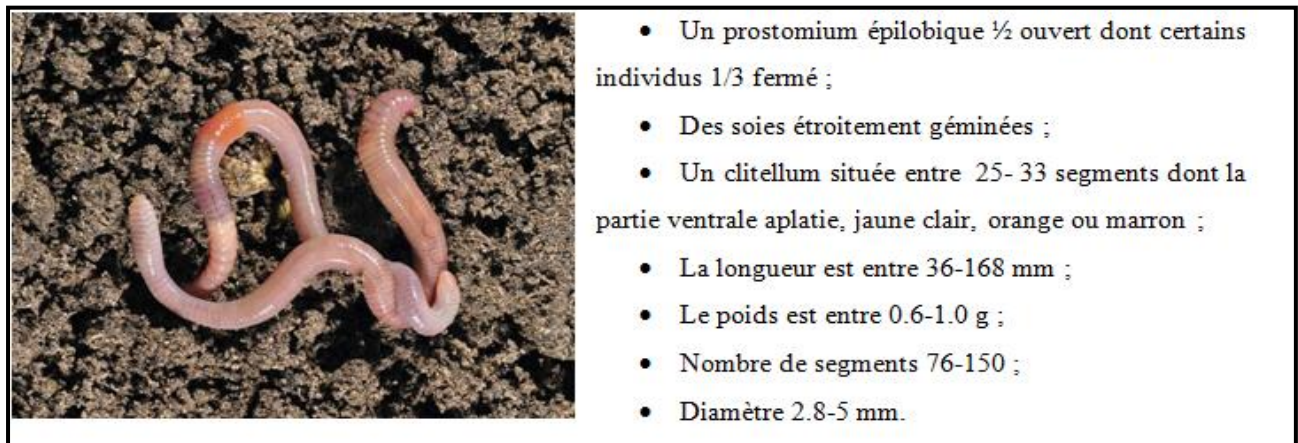
Cette espèce est rencontrée dans les deux stations Boghni et Azeffoune, récoltée en surface, déjà été déterminés par Bouché, 1989 comme espèce épigée. Ses critères d'identifications sont portés sur la (fig 29).



**Figure 29.** Critères d'identification de l'espèce *Octodrilus complanatus* (Dugès, 1828)

### c. *Nicodrilus caliginosus*

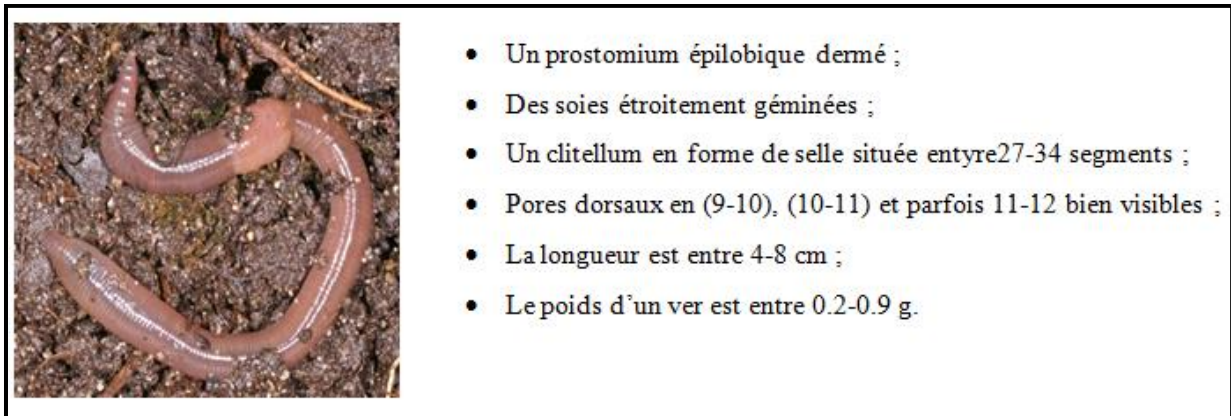
Cette espèce est présente uniquement au niveau de la station de Boghni, récoltée dans les premiers centimètres du sol déjà été déterminés par Bouché, 1989 comme espèce endogée. Ses critères d'identifications sont portés sur la (fig 30).



**Figure 30.** Critères d'identification de l'espèce *Nicodrilus caliginosus* (Baha ,2008)

### d. *Allolobophora caliginosa* (Savigny, 1826)

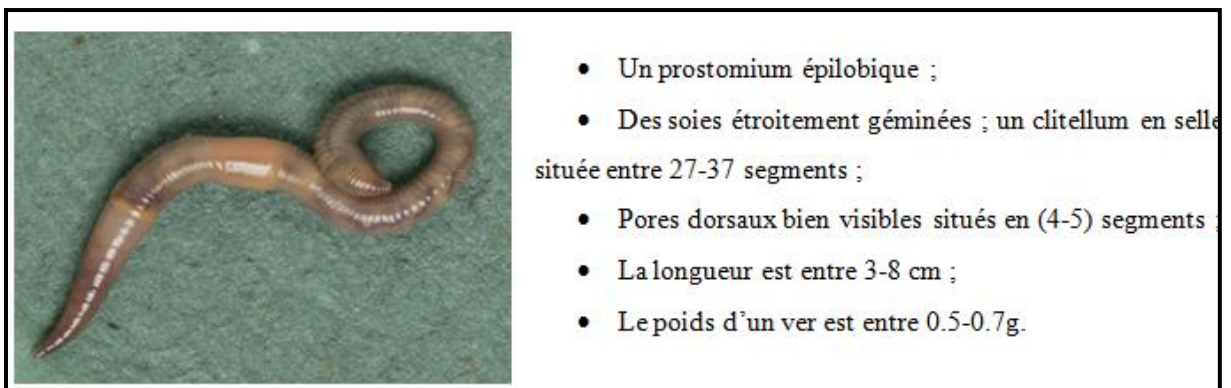
Elle est présente uniquement dans la station Boghni récoltée dans les premiers centimètres du sol déjà été déterminés par Bouché, 1989 comme espèce endogée. Ses critères d'identifications sont portés sur la (fig 31).



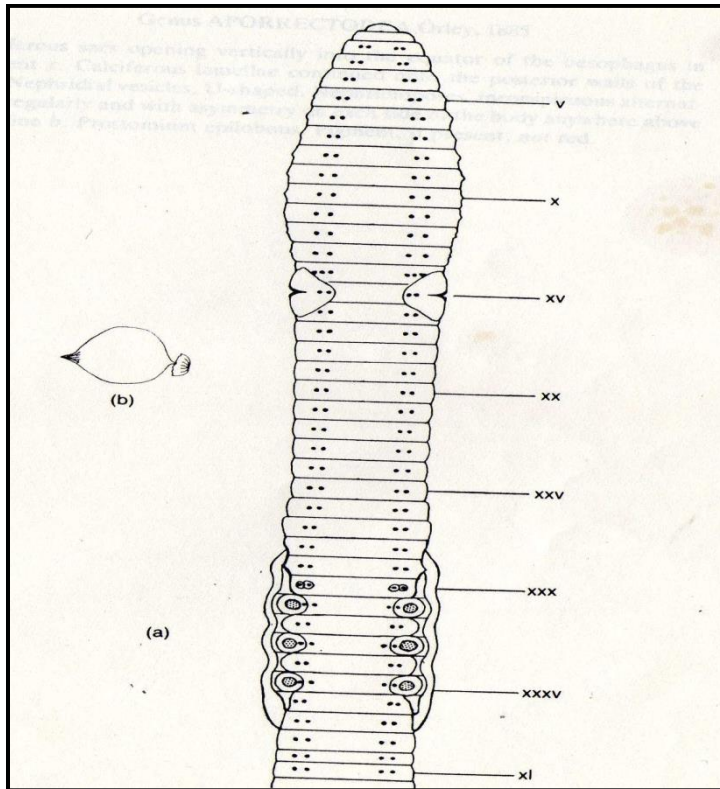
**Figure 31.** Critères d'identification de l'espèce *Allolobophora caliginosa* (Savigny, 1826)

**e. *Allolobophora chlorotica* (Savigny, 1826)**

Cette espèce est collectée dans les deux stations Boghni et Azeffoune récoltée dans les premiers centimètres du sol, déjà été déterminés par Bouché, 1989 comme espèce endogée. Ses critères d'identifications sont portés sur la (Fig 32).



**Figure 32.** Critères d'identification de l'espèce *Allolobophora chlorotica* (Savigny, 1826)

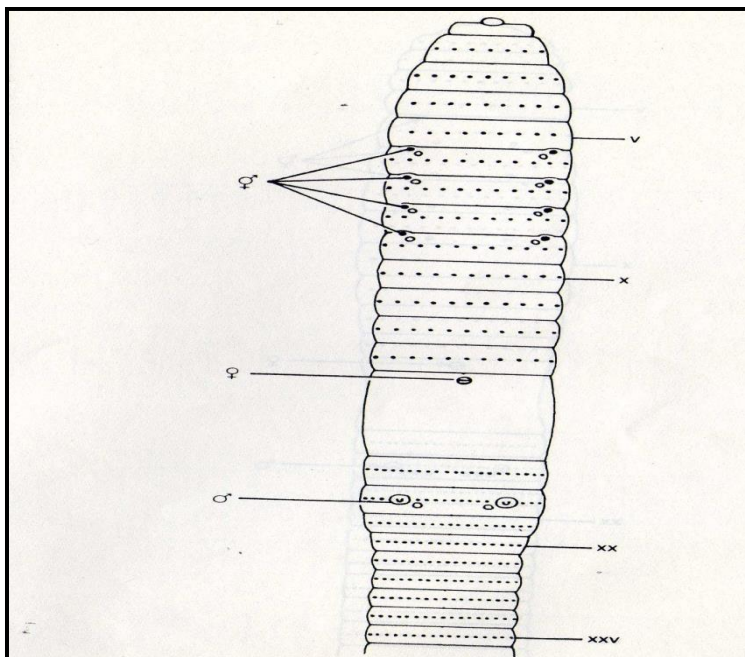


- Pores mâles sur le segment xv
- Clitellum couvrant les segments xxx – xxxv

**Figure 33.** (a) Vue ventrale de la partie antérieure, (b) cocon de *Allolobophora chlorotica*

#### f. *Amyntas sp*

Cette espèce est collectée uniquement dans la station de Boghni récoltée dans les premiers centimètres du sol déjà été déterminés par Bouché, 1989 comme espèce endogée. Quelques critères morphologiques sont portés sur la (fig 34).

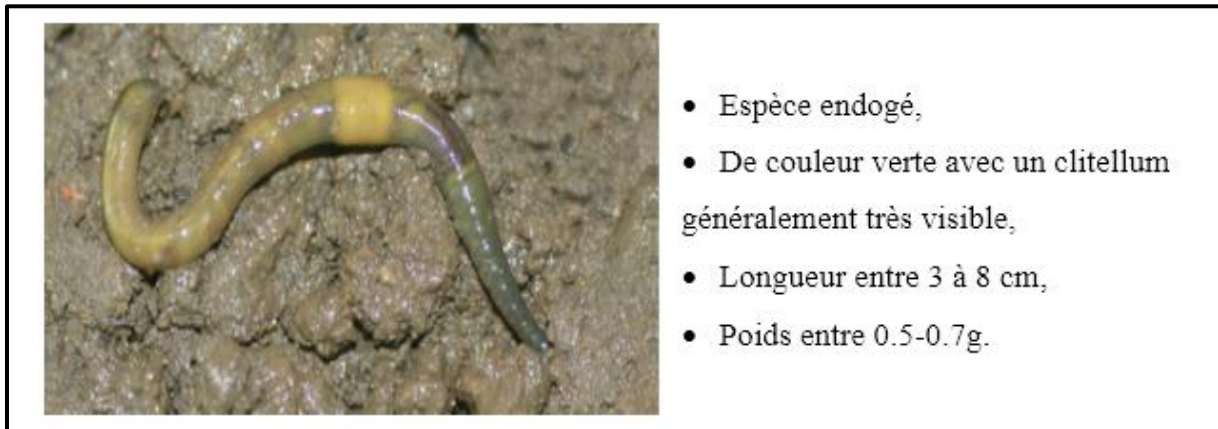


- Longueur 45 – 270 mm ;
- Diamètre 3 – 6 mm,
- Nombre de segment 105 – 118 ;
- 4 paires de pores ventraux spermathèques ;
- Pores mâles situés sur le segment xviii.

**Figure 34.** Vue ventrale de la partie antérieure de l'espèce *Amyntas sp*

**g. *Allolobophora kabylianus* (Savigny, 1826)**

Cette espèce est collectée uniquement dans la station d'Azeffoune, elle est endogée. Quelques critères morphologiques sont portés sur la (fig 35).



**Figure 35.** Critères d'identification de l'espèce *Allolobophora Kabylianus*

### I.3 Analyses du peuplement

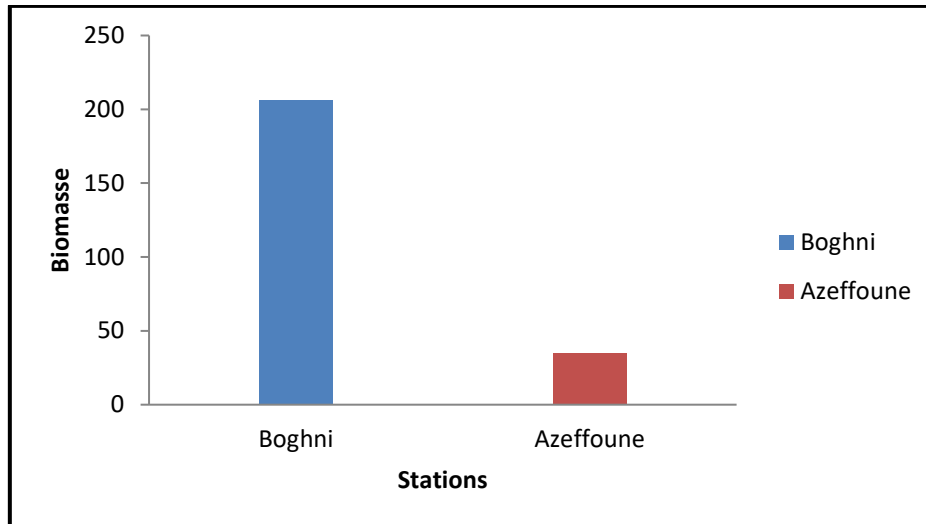
#### I.3.1 Densité

Les résultats obtenus montrent que l'espèce *Allolobophora chlorotica* présente la densité la plus élevée au niveau des deux stations Boghni et Azeffoune ( $D = 160 \text{ ind/m}^2$  et  $D = 49 \text{ ind/m}^2$ ) respectivement, par contre l'espèce *Octodrilus complanatus* présente une densité moins élevée dans les deux stations avec ( $D = 7 \text{ ind/m}^2$  et  $D = 9 \text{ ind/m}^2$ ) les autres espèces présentent les valeurs suivantes :

- *Allolobophora rosea* :  $D = 49 \text{ ind/m}^2$  ;
- *Nictodrilus caliginosus* :  $D = 124 \text{ ind/m}^2$  ;
- *Allolobophora caliginosa* :  $D = 8 \text{ ind/m}^2$  ;
- *Amyntas sp* :  $D = 10 \text{ ind/m}^2$ .

#### I.3.2 Biomasse

La biomasse est représentée par le poids sec pris après chaque prélèvement. La figure 36 montre clairement la différence des biomasses des espèces de vers de terre des deux stations.

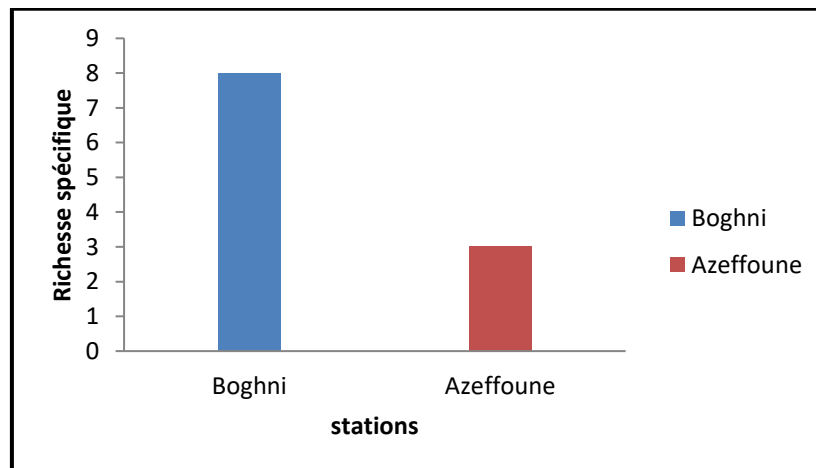


**Figure 36.** Biomasse des vers de terre dans chaque station

La figure 36 révèle que la biomasse des vers de terre est plus élevée dans la station de Boghni (206.15g) que dans la station d'Azeffoune (35.2g).

### I.3.3 Richesse spécifique

La figure 37 représente la richesse spécifique des populations de vers de terre échantillonnées dans les deux stations :

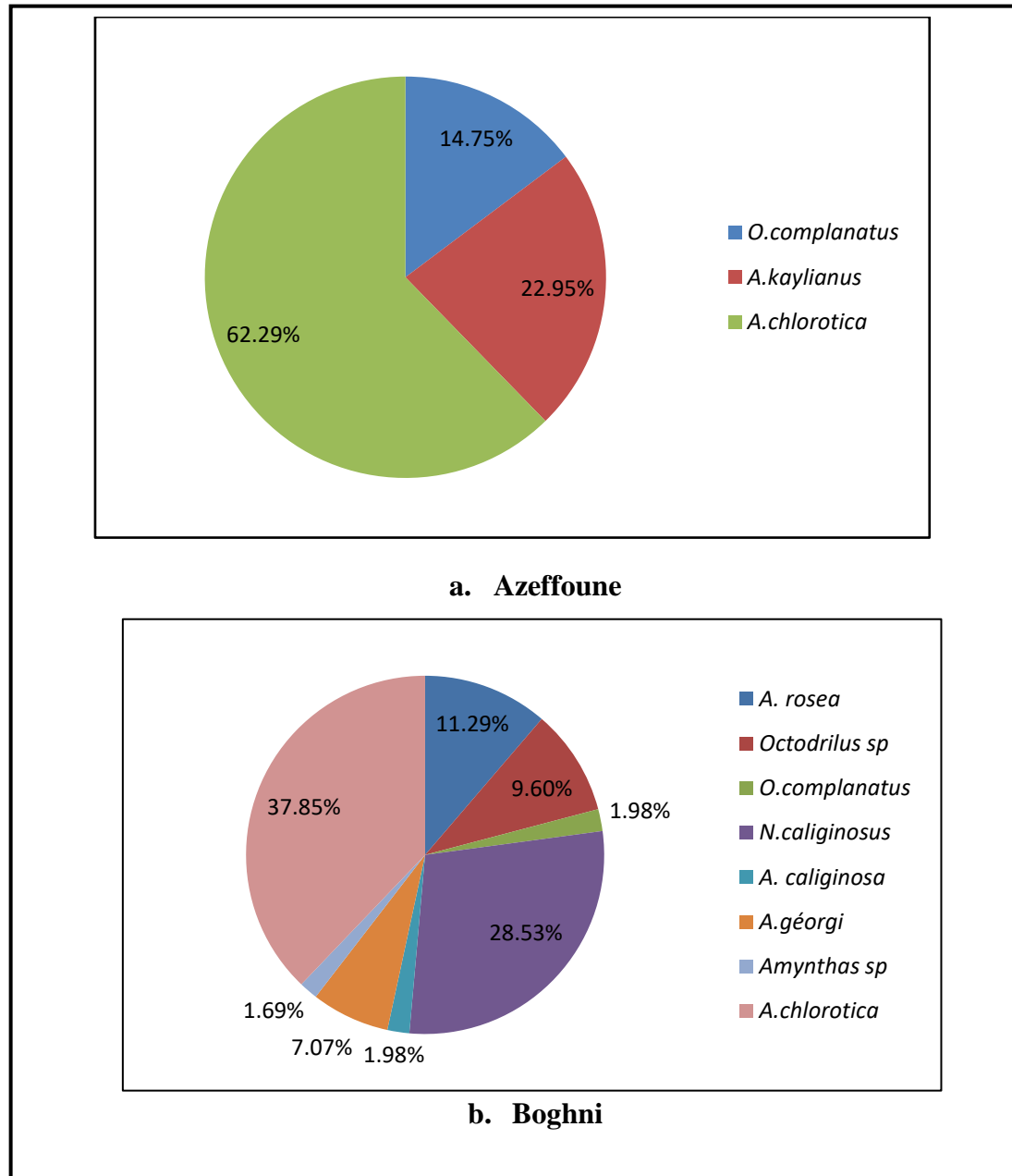


**Figure 37.** Richesse spécifique des vers de terre dans les deux stations d'étude

Notant que, la richesse spécifique est plus importante dans la station de Boghni qui est un terrain cultivé non traité que dans le sol d'Azeffoune cultivé et traité.

### I.3.4 Abondance relative des espèces

Les valeurs calculées des abondances relatives des espèces de vers de terre dans les deux stations sont illustrées dans la figure ci-dessous :



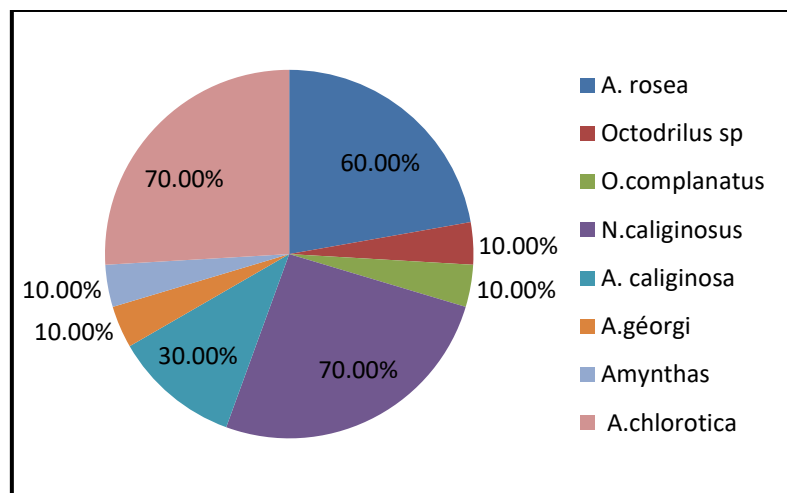
**Figure 38.** Abondance relative des espèces lombriciennes dans chaque station

La figure 38 révèle :

- Dans la station de Boghni, on note une large dominance de deux espèces *Allolobophora chlorotica* et *Nicodrilus caliginosus* (Ab=37,85% et Ab=28,53%) respectivement. L'abondance relative des autres espèces sont réparties entre 1,69 % et 11,29 %.
- Dans la station d'Azeffoune, une large dominance de l'espèce *Allolobophora chlorotica* (Ab=62,29%) suivie par *Allolobophora kabylianus* avec 22,95% et *Octodrilus complanatus* avec 14,75%.

### I.3.5 Fréquence d'occurrence ou centésimale

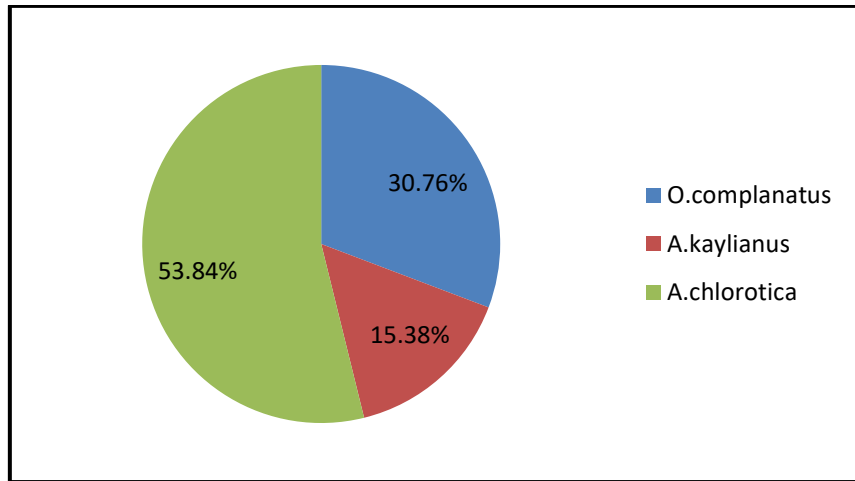
Les valeurs calculées des fréquences d'occurrences des espèces lombriciennes dans les deux stations sont illustrées dans les deux figures 39:



**Figure 39.** Fréquence d'occurrence des espèces de vers de terre présente dans la station de Boghni

D'après la figure 39 nous avons :

- Trois espèces régulières : *Allolobophora chlorotica* ; *Nicodrilus caliginiosa* et *Allolobophora rosea*.
- Quatre espèces accidentelles : *Octodrilus complanatus*, *Octodrilus sp*, *Allolobophora géogi*, et *Amynthas sp*
- Une espèce accessoire : *Allolobophora caliginosa*.



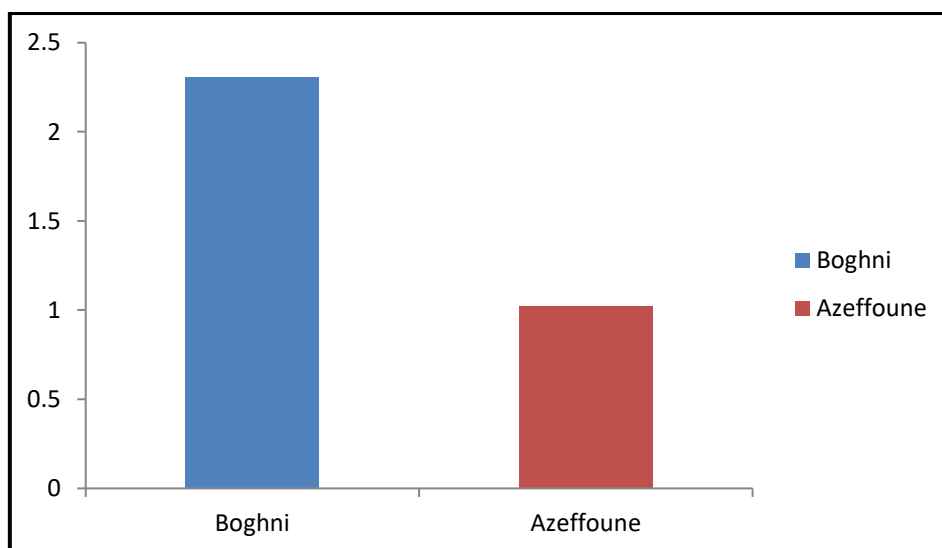
**Figure 40.** Fréquence d'occurrence des espèces de vers de terre présente dans la station d'Azeffoune

D'après la figure 40 on a obtenu :

- Une espèce régulière : *Allolobophora chlorotica* ;
- Une espèce accessoire : *Octodrilus complanatus* ;
- Une espèce accidentelle : *Allolobophora kabylianus*.

### I.3.6 Indice de Shannon-Weaver

Les valeurs de l'indice de Shannon-Weaver de chaque station sont illustrées dans la figure 41 :

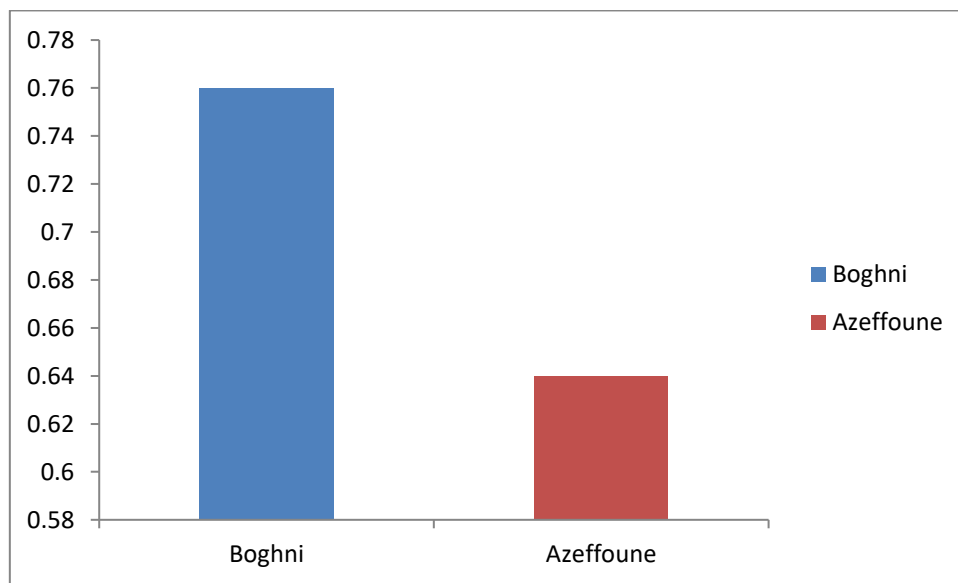


**Figure 41.** Indice de Shannon-Weaver de chaque station

D'après les résultats obtenus en calculant l'indice de Shannon-Weaver, la diversité des espèces de vers de terre récoltées dans les deux régions est plus importante dans la station de Boghni ( $H' = 2,31$ ) que celle d'Azeffoune ( $H' = 1,02$ ), (Résultats dans les tableaux 03 et 04 en annexe III).

### I.3.7 Equitabilité

Les valeurs calculées de l'équitabilité des vers de terre dans les deux stations sont illustrées dans la figure 42.



**Figure 42.** Equitabilité des espèces lombriciennes dans les deux stations.

La valeur calculée de l'équitabilité dans les deux régions Boghni et Azeffoune est égale respectivement à  $E = 0.76$  et  $E = 0.64$ .

Ainsi, la répartition du nombre d'individus par espèces est relativement moyenne, mais nous ne pouvant pas confirmer les résultats car on n'a pas fait assez d'échantillonnage.

### 1.4 Test non paramétrique de Kruskal - Wallis

Afin de savoir qu'elle est l'analyse statistique adéquate à réaliser, nous avons choisi le test de Kolmogorov-Smirnov qui permet de savoir si la variable quantitative (le nombre d'individus d'espèces lombriciennes) étudiées suit ou pas la loi normale en calculant la p-value et la comparer avec  $\alpha = 0,05$ .

D'après les résultats obtenus, la  $p$ -value  $< \alpha$ , donc la variable ne suit pas une loi normale. Dans ce cas on opte pour le test non-paramétrique de l'analyse de la variance de Kruskal- Wallis, dont les hypothèses posées sont :

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 = \text{le type du sol n'a pas d'effet sur le nombre d'individus d'espèces de vers de terre} \\ H_1 = \text{le type du sol a un effet sur le nombre d'individus d'espèces de vers de terre.} \end{array} \right.$$

D'après les résultats du test réalisé sur un logiciel de traitement de données statistiques « Statistica » nous avons obtenus une  $p$ -value = 0,032  $< \alpha$  (fig 45), dans ce cas l'hypothèse  $H_0$  est rejetée et de ce fait on conclut que le type du sol a un effet sur le nombre d'individus d'espèces de vers de terre.

## II. Discussion

Nous avons recensé neuf espèces lombriciennes représentées par trois familles :

Au niveau de la station de Boghni, la famille des Lumbricidae domine avec 69.77%, elle est représentée par six espèces dont *Allolobophora chlorotica* domine à l'échelle de toute la station avec un pourcentage de 37,85%, puis *Allolobophora rosea* (11,29%), *Octodrilus sp* (9,60%), *Allolobophora géorgi* (7,07%), *Allolobophora caliginosa* (1,98%), *Octodrilus complanatus* (1,98%), suivit par la famille des Ocnodrilidae avec 28%, représentée par l'espèce *Nicodrilus caliginosus* (28,53%), et enfin la famille des Megascolecidae avec 1,69%, représentée par l'espèce *Amyntas sp* (1,69%).

Au niveau de la station d'Azeffoune, une seule famille a été recensée « Lumbricidae » représentée par trois espèces dont *Allolobophora chlorotica* domine avec un pourcentage de 62,29%, *Allolobophora kabylianus* (22,95%) et *Octodrilus complanatus* (14,75 %).

En comparant les résultats obtenus, nous constatons que malgré les différences des milieux étudiés, les deux espèces *Allolobophora chlorotica* et *Octodrilus complanatus* sont présentes dans les deux stations échantillonnées, cela peut être expliqué soit parce qu'elles sont considérées comme étant espèces banales ou non exigeantes ou encore espèces résistantes aux différentes conditions du milieu, étant donné que le terrain d'Azeffoune est traité par divers pesticides contrairement à celui de Boghni. Par contre l'espèce *Allolobophora kabylianus* est recensée uniquement au niveau de la station d'Azeffoune, on estime que cette espèce est accidentelle ou bien elle a des exigences bien précises présente dans le milieu d'étude étant donné qu'elle n'a pas été retrouvée dans la station de Boghni.

Notre recherche sur la diversité des espèces lombriciennes dans la région de la Kabylie, a permis d'effectuer un échantillonnage au niveau de deux régions différentes:

- **Sur le plan géographique :** d'après les données récoltées des deux régions, l'altitude est probablement l'un des facteurs déterminant de la diversité des espèces lombriciennes. En effet nous avons déterminé huit espèces dans la région de Boghni dont l'altitude atteint les 264 m et seulement trois espèces dans la région d'Azeffoune dont l'altitude est égale à 35 m. D'ailleurs, nos résultats concordent avec ceux de Decaëns (2010) qui a démontré que la biodiversité des invertébrés du sol diminue avec l'altitude, ce qui est également le cas pour les vers de terre comme signalé par Bouché (1972) et Mato et al. (1984).

- **Sur le plan édaphique :** 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. En effet, selon les résultats obtenus lors de l'analyse physico-chimique des deux sols échantillonnés, on peut classer les espèces recensées dans les deux stations comme suit : l'espèce *Allolobophora kabylianus* pourra probablement être considérée comme une espèce acidophile étant donné que la station d'Azeffoune est caractérisé par un sol acide (pH=5.80), par contre les espèces *Allolobophora rosea*, *Octodrilus sp*, *Allolobophora caliginiosa*, *Allolobophora géorgi* et *Nictodrilus caliginosus* pourraient probablement être classées parmi les espèces au pH neutres étant donné que le pH du sol de Boghni est neutre (pH=6.88), alors que les espèces *Allolobophora chlorotica* et *Octodrilus complanatus* sont présente dans les deux stations, de ce fait, nous supposons qu'elles sont des espèces indifférentes au pH (ubiquistes), d'ailleurs Satchell (1955) a démontré que l'espèce *Allolobophora chlorotica* est caractérisée par un pH variant entre 4.5 et 8.2.

Edwards et Bohlen (1996) expliquent que les sols pauvres en matière organique ne supportent généralement pas de grandes densités de vers de terre, ce que nos résultats obtenus au niveau des deux stations d'études démontrent : Boghni avec un taux de 5.23 %, relativement riche en matière organique ce qui est favorable pour la croissance et le développement des vers de terre, alors qu'Azeffoune est moins riche en matière organique (Mo=3.72%) se qui explique la faible densité de vers de terre.

Selon Bachelier (1978), les vers sont plus abondants dans les sols limoneux, que dans les sols argilo-limoneux et argilo-sableux et presque inexistantes dans les sables, les graviers et les argiles, en effet, d'après les résultats obtenus de l'analyse granulométrique pour les deux sols échantillonnés, une richesse spécifique très abondante au niveau de la station de Boghni qui est caractérisée par un sol limoneux, contrairement à la station d'Azeffoune avec une richesse spécifique moins abondante qui est caractérisée par un sol argilo-limoneux. Les résultats du test non paramétrique de Kruskal-Wallis confirme l'hypothèse posée, le type du sol a donc un effet sur la diversité des espèces lombriciennes.

- **Sur le plan climatique :** les deux régions échantillonnées appartiennent à l'étage bioclimatique sub-humide, mais l'une « Boghni » à hiver doux ; et l'autre « Azeffoune » à hiver chaud. Cette relative différence climatique peut être à l'origine de la différence de diversité des espèces lombriciennes des deux stations.

L'analyse démo-écologique révèle que la densité des espèces lombriciennes recensées dans les deux régions échantillonnées est comprise entre 8 à 160 ind./m<sup>2</sup>. En effet, ces résultats se rapprochent de ceux d'Omodeo et Martinucci (1987) qui ont observé dans le Nord algérien des densités de vers de terre comprises entre 11 et 120 ind./m<sup>2</sup>.

En outre, Fragoso et al. (1997) signalent que la biodiversité des vers de terre est modifiée par la destruction du couvert végétal et les habitats naturels et leurs remplacements par les cultures ainsi que l'usage des produits phytosanitaires, ce que la station d'Azeffoune reflète, en effet elle est totalement remplacée par le vignoble traité par divers pesticides, ce qui a logiquement réduit la richesse spécifique dans le terrain étudié contrairement à la station de Boghni.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans ce travail, un échantillonnage des vers de terre a été effectué selon la méthode de Bouché (1972) au niveau de deux stations (Boghni et Azeffoune).

Les résultats des indices de diversités obtenus montrent que l'abondance et la biomasse totale des vers sont plus importantes dans la région de Boghni que celle d'Azeffoune avec une grande dominance de l'espèce *Allolobophora chlorotica* dont les effectifs sont de 134 individus pour la station de Boghni et 38 individus pour la station d'Azeffoune.

Les caractéristiques physico-chimiques des deux sols ont été déterminées afin de tenter d'expliquer leurs effets sur la biodiversité des vers de terre, une seule famille a été recensée dans la station d'Azeffoune « Lumbricidae (100%) », alors que trois familles au niveau de la station de Boghni ont été identifiées « Lumbricidae (69.77%), Ocnerodrilidae (28%), Megascolecidae (1.69%) ».

D'après les résultats obtenus les deux espèces *Allolobophora chlorotica* et *Octodrilus complatanus* sont présentes dans les deux sols échantillonnés (sol limoneux avec un PH neutre et sol argileux-limoneux avec un PH faiblement acide), ce qui a mis en évidence leur pouvoirs adaptatifs aux conditions drastiques que présente la station d'Azeffoune.

Afin de compléter et de confirmer les présents résultats, il est préférable de réaliser plusieurs échantillonnages durant toute la période d'activité des vers de terre (du mois de Janvier au mois de Mars).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

### A

- Abdul R., 1994.** Les vers de terre et l'environnement. La recherche. 25 :260-267 p.
- ACTA (2002).** "Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement," Acta, Paris. 976 p.
- Aina P.O., 1984.** Contribution of earthworms to porosity and water infiltration in a tropical soil under forest and long – term cultivation. *Pedobiologia*.26:131-136 p.
- Aissaoui H., 2012.** Effet de produits phytosanitaires et engrais, sur l'abondance des métaux lourds (Cu, Zn) dans le sol et le végétal dans la région de Biskra. UMKB, Biskra. 19 p .
- Amziane D et Oudachène A., 2016.** Contribution à l'inventaire des vers de terre dans deux stations en Kabylie (Tala Athmane et Mâatkas) et la mise en évidence de l'impact des pratiques agricoles sur leur diversité. UMMTO, TIZI Ouzou. 54 p.
- Anonyme, 2002** Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement. Association de Coordination Technique agricole, Paris. 976 p.
- Avel M., 1929.** Recherches expérimentales sur les caractères sexuels somatiques des Lombriciens. *Bull. Biol. Fr. Belg.*,63, 149-318 p.
- Avel M., 1959.** Classe des annelides oligochaetes (Oligochaeta, Huxley, 1875). *Traite de Zool.* 14 p.

### B

- Bachelier G., 1963.** La vie animale dans les sols. Ed. O.R.S.T.O.M.279 p.
- Bachelier G., 1978.** La faune des sols, son écologie et son action. IDT N°38. ORSTOM, Paris. 391 p.
- Baha M., 1997.** The earthworm fauna of Mitidja, Algeria. *Trop.Zool*,10,247-254 p.
- Baha M. et Berra S., 2001.** *Prosellodrilus doumanjii* n. sp., a new lumbricid from Algeria. *Trop .Zool.* 14, 87-93 p.
- Baha M., 2008.** Etude bioécologique des oligochètes du Nord de l'Algérie. Thèse de doctorat, Institut National agronomique, El-Harrach. 224 p.
- Baize D., 1989.** Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, Paris. 172 p.
- Bazri K E., 2015.** Etude de la biodiversité des Lombriciens et leurs relations avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatiques, dans l'est Algérien. Th. Doc. Univ. Constantine 1, Constantine, 170 p.

- Barois I. Lavelle P. & Brossard M., 1999.** Ecology of species with large environmental tolerance and/or extended distributions. In: Lavelle P., Brussaard L. & Hendrix P. Earthworm management in tropical agroecosystems. *CAB International Wallingford*.57-86 p.
- Bhadoria T. et Gopal Saxena K., 2010.**Role of Earthworms in Soil Fertility Maintenance through the Production of Biogenic Structure. *Applied and Environmental Soil Sciences*, 2010, 7 p.
- Blakemore R.J., 2011.** Ecology of earthworms under the ‘‘Haughley experiment’’ of organic and conventional management regimes.*Biological Agriculture & Horticulture*. 18(2), 141-159 p.
- Blanchart E et Jouquet P., 2010.** Rôle des vers de terre et des termites pour la restauration de la productivité des sols en milieux tropicaux. Montpellier Cedex 1, France. 11 p.
- Blanchart E., Albrecht A., Brown G., Decaens T., Duboisset A., Lavelle P., Mariani L et Roose E., 2004.** Effects of tropical endogeic earthworms on soil erosion. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.104: 303– 315 p.
- Blouin M., Zuily-Fodil Y., Pham-Thi A-T., Laffray D., Reversat G., Pando A., Tondoh G., et Lavelle P., 2005.** Belowground organism activities affect plant aboveground phenotype, inducing plant tolerance to parasites. *Ecol. Lett.* 8, 202-208 p.
- Bohlen et al., 1997.** Ecosystem processes along urban-to-rural gradients. *Urban Ecosystems*. 1: 21 – 36 p.
- Boström U., 1995.** Earthworm populations (*Lumbricidae*) in ploughed and undisturbed leys. *Soil Till. Res.*, 35, 125-133 p.
- Boström U. et Lofs-Holmin A., 1996.** Annual population dynamics of earthworms and cocon production by Aporetodea caligi-nosain a meadow fescue ley. *Pedobiologia*. 40: 32-42 p.
- Bouché M. B., 1972.** Lombriciens de France: Ecologie et Systématique. INRA Ann. Zool. Ecol. Anim. Publication, France. 671 p.
- Bouché M.B., 1977.** Stratégies lombriciennes. *Bull. Ecol.*, Paris. 25, 122 – 132 p.
- Bouché M.B., 2003.** Vers de terre, de Darwin à nos jours. Un révélateur heuristique. Académie des Sciences et Lettres de Montpellier. Séance du 02/02/2003, Conférence n°3826.Montpellier, France.
- Brown G.G., Barois I. & Lavelle P., 2000.** Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.*, 36(3-4), 177-198 p. Copyright © 2013 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

## C

**Capowiez Y., Rault M., Mazzia C., Belzunces I., 2003.** Earthworm behaviour as a biomarker a case study using imidacloprid. *Pedobiologia*, 47,542-547 p.

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

**Chapuis-Lardy L., Brossard M., Lavelle P. & Schouller E., 1998.** Phosphorus transformations in a ferralsol through ingestion by *Pontoscolex corethrurus*, a geophagous earthworm. *European Journal of Soil Biology*, 34, 61-67 p.

**Clements R.O., Murray P.J. et Sturdy R.G., 1991.** The impact of 20 years absence of earthworms and three levels of N fertilizer on a grassland soil environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 36: 75-85 p.

**Cluzeau D., Blanchart E., Peres G., Ablain F., Cuendet G., Fayolle L. et Lavelle p., 2004.** Faune du sol et lombriciens dans les sols tempérés agricoles. In: Girard M-C., Walter C., Remy J-C., Berthelin J. et Morel J-L. (eds), *Sols et environnement 2e cycle. Cours, exercices et études de cas*. Paris, pp. 386-407 p.

**Colin, F. (2000).** Approche spatiale de la pollution chronique des eaux de surface par les produits phytosanitaires. Cas de l'atrazine dans le bassin versant du Sousson (Gers, France). Thèse de doctorat de l'ENGREF, PARIS VI, Montpellier. 233 p.

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

**Curry J.P et Olaf Schmidt., 2007.** The feeding ecology of earthworms. A review. *Pedobiologia*. Vol.50. Pages 463-477 p.

**Curry J.P., Doherty P., Purvis G., Schmidt O., 2008.** Relationship between earthworm populations and management intensity in cattle-grazed pastures in Ireland. *Applied Soil Ecology*, 39(1), 58-64 p.

## D

**Darwin C., 1890.** The formation of vegetable mould, through the action of worms, with observations on their habits, *Appleton & Company*, 348 p.

**Daniel O., Kohli L. et Bieri M., 1996.** Weight gain and weight loss of the earthworm *Lumbricus terrestris* L. at different temperatures and body weights. *Soil Biology and Biochemistry*. 28. 1235-1240 p.

**Decaëns T., 2010.** Macro ecological patterns in soil communities. *Global Ecol. Biogeogr.* 19, 3: 287- 302 p.

**Deprince A., 2003.** La faune du sol, diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives. *Le courrier de l'environnement de L'INRA*, Paris, 49, 123-138 p.

**Diaz Cosin, et al., 2011.** Reproduction of Earthworms: Sexual Selection and Parthenogenesis. A. Karaca (ed.), *Biology of Earthworms, soil Biology*.

**Doube B.M., Schmidt O., Killham K. & Correll R, 1997.** Influence of mineral soil on the palatability of organic matter for lumbricid earthworms: a simple food preference study. *Soil Biol. Biochem*, 29, 569-575 p.

**Duchaufour P., 1997.** Abrégé de pédologie. Sol, végétation, environnement, (enseignement des sciences de la terre) ST. 5<sup>e</sup> édition. Edition MASSON. 291 p.

## E

**Edwards CA., 2004.** *Earthworm Ecology. 2<sup>nd</sup> ed, St. Lucie Press, Boca Raton, USA.*

**Edward C.A., Lofty J.R., 1977.** *Biology of earthworms. Chapman and Hall Ltd, Grande Bretagne. 333 p.*

**Edwards C.A., Bohlen P.J., Linden D.R et Subler S., 1995.** Earthworms in agroecosystems. In: *Earthworm Ecology and Biogeography in North America.* (Hendrix, P.F.eds.), Lewis Publisher, Boca Raton, FL. 185-213 p.

**Edwards C.A et Bohlen P.J., 1996.** *The biology and Ecology of Earthworms (3rd ed).* Chapman & Hall, London. 426 p.

**Evans A.C.& Guild W.J.L., 1948.** Studies on the relationships between earthworms and soil fertility. In bachelier, G., 1978. *La faune des sols, son écologie et son action*, IDT N°38. ORSTOM. Paris, 391 p.

**Evans A.C. et Guild W.J., 1948.** Studies on the relationships Between Earthworms and soil Fertility, *Annals of Applied Biology*. Vol. 35: 471-484 p.

## F

**Faurie C., Ferra C., Medori P., Deveaux J. & Hemtienne J-I., 2003.** *Ecologie – approche scientifique et pratique. 5<sup>ème</sup> Edition. Ed : Tec. Et Doc. Lavoisier, Paris, 334 p.*

## G

**Gandolphe M., 1861.** *Lombric phosphorescent. Revue et Magazine de Zoologie*, 13, 284-287 p.

**Gates G.E., 1972.** Burmese Earthworms, an introduction to the systematics and biology of megadrile oligochaetes with special reference to South-East Asia. Transactions of the American Philosophical Society. 62(7): 1-326 p.

**Gerard B.M., 1967.** Factors affecting earthworms in pastures. J. Anim. Ecol. 36 : 235-252 p.

**Ghides N et Imarazene R., 2017.** Contribution à l'étude de l'effet toxicologique des hydrocarbures (gasoil, essence super) sur la croissance d'une espèce de vers de terre (*Nicodrilus caliginosus*) et les caractéristiques du sol. UMMTO, Tizi-Ouzou. 3-18 p.

**Girard J.M., Walter C., Remy J.C., Berthelin J. & Morel J.L., 2005.** Sols et environnement, Edition CampusDUNOD, Paris. 816 p.

**Gobat T.M., Aragno, M. & Matthey W., 2003.** The living soil: basic pedology – soil biology. Chapman and Hall. 569 p.

**Guici L et Khaldi R., 2017.** Contribution à l'effet toxicologique d'un herbicide (Glyphosate) sur espèce de vers de terre *Nicodrilus caliginosus*. UMMTO, Tizi-Ouzou. 17-19 p.

## H

**Hartensein R. et Amico L., 1983.** Production and carrying capacity of the earthworm *Lumbricus terrestris* L. in culture. Soil Biology and Biochemistry. 15: 51-54 p.

**Herger P., 2003.** Regenwurm. Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid, Natur-Museum Nuzern, 49 P.

**Hipp A., 2005.** *The Life Cycle of an Earthworm. Rosen Classroom*, 24 p.

**Holmstrup M., Ostergaard I.K., Nielsen A. & Hansen B.T., 1996.** Note on the incubation of earthworm cocoons at three temperatures. *Pedobiol.* 40, 477-478 p.

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

## J

**James S.W., 2004.** Earthworms (Clitellata, Acanthodrilidae) of the mountains of Eastern Jamaica. *Organisms Diversity and Evolution*, 4: 277-294 p.

**Jana U., 2009.** Etudes des interactions entre la plante *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh et le ver de terre *Aporrectodea coaliginosa* (Savigny) : Application à la phytoremédiation de l'arsenic et de l'antimoine, thèse, Université Paris-Est.

**Jégou D., Brunotte J., Rogasik H., Capowies Y., Diestel H., Schrader S et Cluzeau D., 2002.** Impact of soil compaction on earthworm burrow systems using X-ray computed tomography : preliminary study. *Eur. J. Soil Biol.* 38, 329-336 p.

## K

**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): 17-23 p.

## L

**Lakhani K.H. et Satchell J.E., 1970.** Production of *Lumbricus terrestris L.* *Journal of animal Ecology.* 39: 473-492 p.

**Lavelle P., 1981.** Stratégies de reproduction chez les vers de terre. *Acta Oecol-Oecol.* Vol 2, 117-133 p.

**Lavelle. P., 1988.** Earthworms and the soil system. *Biol Fertil Soils* 6:237–251 p.  
Brown G.G., 1995. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity *Plant Soil*, 170(1), 209-231 p.

**Lavelle P., 1997.** Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine exosystem function. *Adv. Ecol. Res.*, 27: 93-132 p.

**Lavelle P., Barois I., Blanchart E., Brown G., Brussaard L., Decaëns T., Fragoso C., Jiménez J. J., Ka Kajondo K., De los Angeles Martinez M., Moreno A., Pashanasi B., Senapati B. et Villenave C., 1998.** Les vers de terre, une ressource dans les agrosystèmes tropicaux. *Nature et Ressources* 34 : 26-41 p .

**Lavelle P. et Spain A., 2001.** *Soil Ecology*, Kluwer Scientific Publications, ISBN 0-7923-7123-2 p, Amsterdam, the Netherlands.

**Lavelle P. & Spain A. V., 2011.** *Soil Ecology*. Kluwer Scientific Publications, Amsterdam, 654 p.

**Lee K.E., 1959.** The earthworm fauna of New Zeland. New Zeland Department of scientific and Industrial Research, Wellington. Bulletin 130.486 p.

**Lee K. E., 1985.** *Earthworms : their ecology and relationship with soils and land use*. New York, 411 P.

**Lee K.E., 1987.** Peregrine species of earthworms. In: A.M. Bonvicini Pagliai and P. Omodeo (Eds.). "On Earthworms.". Selected Symposia and Monographs. U.Z.I., 2, Mucchi, Modena.325-327 p.

**Lumier B, Jeannot R, Chiron S, avec la collaboration d'augustin F, Darmendrail. D. 2001.** Guide morphologique pour l'analyse des sols pollués. Edition BRGM, 2001. 25 P.

**Lofs-Holmin A., 1982.** Reproduction and growth of common arable land and pasture species of earthworms (Lumbricidae) in laboratory culture. Swed. J. Agr. Res. 13: 31-37 P.

**Lowe C.N & Butt K.R., 2005.** Culture techniques for soil dwelling earthworms: a review. Pedobiol. 49, 401-413 p.

## M

**Mathieu C. et Pieltain F., 2003.** Analyse chimique des sols, Editions Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 380 p.

**Mato S., Díaz Cosín D.J. & Calvín E.B., 1984.** Lombrices de tierra del Bosque de los Cabaniños (Sierra de los Ancares, Lugo). Rev. Ecol. Biol. sol 21(1): 65-76 p.

**Mccoll h.p ., Hart P.B .S . et cook F.J.,1982.** Influence of earthworms on some soil chemical and physical properties, and the growth of ryegrass on the soil after topsoil stripping, a pot experiment. New Zealand Journal of Agricultural Research.25: 239-243 p.

## O

**Odette M, conseillère en conservation des sol et de l'eau.,2005.** Les ouvriers du sol et les pratiques agricoles de conservation. Conférence présentée à Drummondville, le 23 février 2005.

**Omodeo P. & Martinucci G.B., 1987.** Earthworms of Maghreb. *On earthworms*. A.M. Bonvicini Paglia I. & P. Omodeo (eds). Selected Symposia and Monographs U.Z.I.,2, *Mucchi, Modena*, 235-250 p.

**Omodeo P., Rota E. & Baha M., 2003.** The megadrile fauna (Annelida: Oligochaeta) of Maghreb: a biogeographical and ecological characterization. *Pedobiologia*. 47, 458-465 p.

**Ouahrani G., 2003.** Lombrotechniques appliquées aux évaluations et aux solutions environnementales. Thèse de Doc. Etat. Université Mentouri. 230 p.

## P

**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 lombriciens. Th. Doc., Ecole doctoral. ABIES. Paris, 141 p.

**Pimente!, D. (1995).** Amounts of pesticides reaching target pests: environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. 8, 17-29 p.

**Peres G., Cluzeau D., Hotte H.& Delaveau N.,2011.** Les vers de terre. UMR 6553. *EcoBio.*, Univ. Rennes 1, France, 4 p.

## R

**Rathore HS, Nollet LM (Eds.), 2012.** Pesticides: evaluation of environmental pollution. CRC Press.

**Roriguez-Campos J, Dendooven L, Alvarez-Bernal D, Contreras-Ramos SM., 2014.** Potential of earthworm to accelerate removal of organic contaminants from soil: a review. *Appl Soil Ecol* 79:10–25 p.

## S

**Satchell J.E., 1955.** Some aspects of earthworm ecology. *In: Mc Kevan, D. K. (eds), Soil Zoology.* Butterworths, London, 180-201 p.

**Satchell J.E., 1967.** Lumbricidae. In *Soil Biology.* (Eds., A. Burges and F. Raw). (Academic Press: London). 259-322 p.

**Saussey, M., 1966.** Contribution à l'étude des phénomènes de diapause et de régénération caudale chez *Allolobophora icterica* (Savigny) (Oligochète Lombricien). *Mem. Soc. Linn. De Normandie, nouv. Ser., sect. zool.* 3, mémoire n°1, 1-158 p.

**Shaw C., and Pawluk S., 1986.** The development of soil structure by octolasion tyrtaeum, Aporrectodea turgida and Lumbricus terrestris in parent material belonging to difficult textural classes. *Pedobiologia.* 29:327-339 P.

**Sim R.W. & Gerard B.M., 1999.** Earthworms. FSC Publications, London, 167 p.

**Singh S, Singh J, Vig AP., 2016.** Earthworm as ecological engineers to change the physico-chemical properties of soil: soil vs vermicast. *Ecol Eng* 90:1–5 p.

**Springette J.A., Gray R.A.J. et Reid J.B., 1992.** Effect of introducing earthworms into horticultural land previously denuded of earthworms. *Soil Biology & Biochemistry.* 24(12): 1615-1622 p.

**Stewart V.I., Scullion J., Salih R.O. et Al-Bakri K. H., 1988.** Earthworms and Structure Rehabilitation in Subsoil and in Topsoil Affected by Opencast Mining for Coal. *Biological Agriculture and Horticulture.* 5:325-338 p.

**Svendsen T.S., Hansen P.E., Sommer S., Martinussen T., Gronvold J. et Holter P., 2005.** Life history characteristics of *Lumbricus terrestris* and effects of the veterinary antiparasitic compounds ivermectin and febendazol. *Soil Biol. Biochem.* 37 : 927-936 p.

## T

**Tomlin AD., 1980.** La biologie du ver de terre, 10 p.

**U**

**UIPP.,2004.** Les produits phytopharmaceutiques et l'environnement. Union des Industries de la Protection des Plantes, 11 p.

**V**

**Van praagh B., 1992.** The biology and conservation of Giant Gippsland earthworm *Megascolides australis* McCoy, 1878. *Soil Biology & Biochemistry*. 24(12): 1363-1369 p.

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

**W**

**Wallwork, J.A., 1970.** Ecology of soil Animals. 283 p.

**Zaidi L et Safsaf A.M., 2016.** Réponse éco-physiologique des Lumbricidae à l'effet combiné de certains pesticides utilisés dans la Vallée de la Soummam. Université A. Mira, Bejaia. 3-7 p.

**Whalen J.K. et Parmelee R.W., 1999.** Growth of *Aporrectodea tuberculata* (Eisen) and *Lumbricus terrestris* L. under laboratory and field conditions. *Pedobiol*.43: 1-10 p.

**Z**

**Zeriri I., Tadjine A., Belhaouchet N., Berrebbah H., Djebar M.R., Baha M., 2013.** Contribution to the identification of Oligochaeta: Lumbricidae in the region of Annaba in eastern Algeria. *European Journal of Experimental Biology*,3(6),229-232 p.

**Zhang H. et Schrader S., 1993.** Earthworm effects on selected physical and chemical properties of soil aggregates. *Biology and Fertility of Soils*.15:229-234 p.

## Annexe I

## Interprétation des valeurs de PH et de la matière organique

Tableau 01. Différentes valeurs du PH proposées par Baize, 1989

Valeurs du PH	Qualification
< 4,5	Extrêmement acide
4,6 à 5	Très fortement acide
5,1 à 5,5	Fortement acide
5,6 à 6,75	Faiblement acide
6,75 à 7,3	Neutre
7,4 à 7,8	Légèrement alcalin
7,9 à 8,4	Moyennement alcalin
8,5 à 9	Fortement alcalin
9,1	Très fortement alcalin

Tableau 02. Différents taux de la matière organique selon Baize, 1989

Matière organique	Qualification
< 1.4	Très pauvre en M.O
1.4 < M.O < 2	Pauvre en M.O
2 < M.O < 3	Argile < 22 % Bien pourvu en M.O
	22 % < Argile < 30 % moyennement pourvu
	Argile > 30 % pauvre en M.O
3 < M.O < 4	Sol bien pourvu en M.O
M.O > 4	Teneur élevée en M.O

## Annexe II

### Protocole détaillée de l'analyse granulométrique

Le principe de cette méthode consiste à :

- Déduire la matière organique par une attaque à l'eau oxygénée ;
- Disperser les particules par un dispersant énergétique, l'hexamétaphosphate de sodium, et par agitation mécanique ;
- Effectuer des prélèvements à l'aide de la pipette ROBINSON, dans des flacons à sédimentation à des profondeurs et à des moments déterminés en appliquant la loi de Stokes.
  - Le premier prélèvement correspond au poids de l'argile (après 3 minutes et 54 secondes de décantation à une température de 29°C et à une profondeur de 10 cm).
  - Le deuxième prélèvement correspond au poids de l'argile (après 8h de sédimentation à une profondeur qui dépend de la température de la suspension).
- Détermination du facteur de correction dû à l'hexamétaphosphate de sodium :
  - Agiter l'éprouvette contenant seulement la solution d'hexamétaphosphate de sodium et faire un prélèvement à la pipette Robinson.
  - Mettre le volume prélevé dans une capsule tarée sécher à l'étuve à 105°C.
- Détermination de la fraction supérieure à 0,05 mm :
  - Remettre en suspension les particules par agitation
  - Superposer deux tamis de mailles à 0,2 mm et 0,05mm
  - Récupérer le contenu de chaque tamis dans une capsule tarée à l'aide de jets de pissette et faire sécher à l'étuve à 105°C. le tamis de maille égale à 0,2 mm contiendra les sables grossiers, le tamis de maille égale à 0,05 mm contiendra les fins.
- Détermination de la fraction inférieure à 0,05 mm (Limons grossiers)
  - Ajuster au volume de 1000 ml de l'eau distillée la fraction inférieure à 0,05 mm récupérée après tamisage.
  - Agiter l'éprouvette et prélever rapidement cette fraction à la pipette de Robinson
  - Récupérer le contenu de la pipette à sécher à l'étuve à 105 C°

On considérant que les prélèvements sont de 20ml, que le poids de la prise d'essai est de 15 g et que le volume total de la suspension est de 1000ml, ceci en tenant compte du facteur de correction 100/100-H, et par la différence avec le poids de la capsule vide, nous déterminons les poids suivant :

P : prise d'essai

P1 : poids des argiles, limons fins et l'hexametaphosphate de sodium

P2 : poids des argiles et l'hexametaphosphate de sodium

P3 : poids d'hexametaphosphate

P4 : poids de sable fin

P5 : poids de sables grossiers

P6 : poids d'argile, limons fins, limons grossier et l'hexametaphosphate de sodium

U : volume de la pipette Robinson

V : volume totale de la suspension soit 1000 ml

MO : pourcentage de la matière organique

H : humidité résiduelle

CaCO<sub>3</sub> : pourcentage de CaCO<sub>3</sub> de l'échantillon (si la décarbonisation n'a pas été réalisée, CaCO<sub>3</sub> = 0)

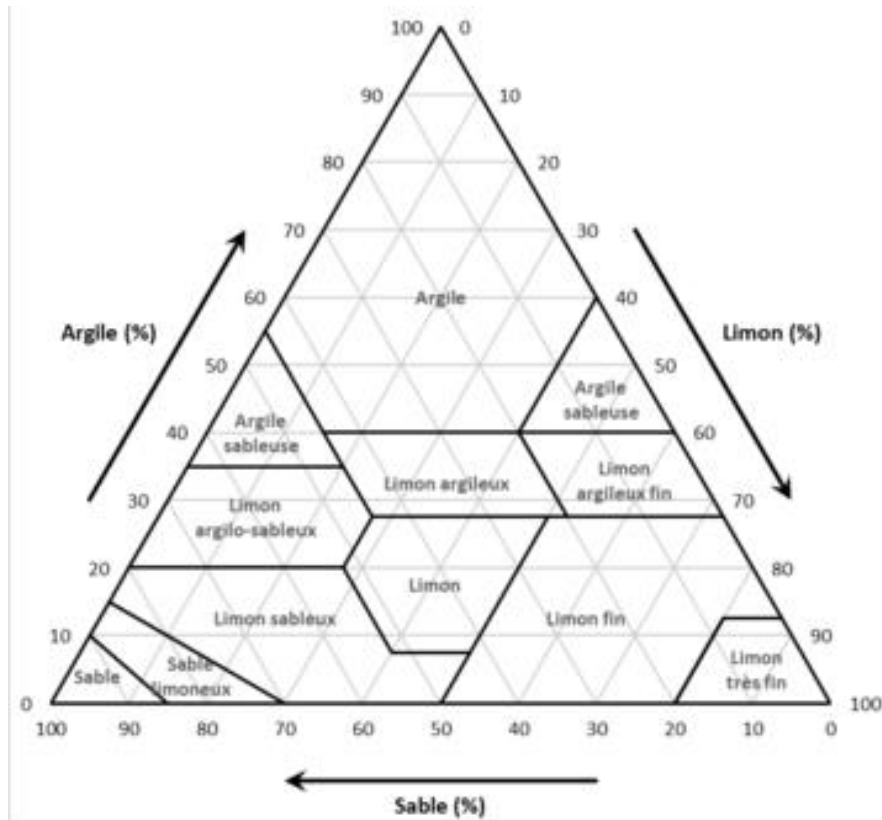
$$\% \text{ d'argile} = \frac{(P2-P3) \cdot V \cdot 100}{\left(P - \left(\frac{P}{100}\right) \cdot (MO+H+CaCO3)\right) \cdot U}$$

$$\% \text{ de limons fins} = \frac{(P1-P2) \cdot V \cdot 100}{\left(P - \left(\frac{P}{100}\right) \cdot (MO+H+CaCO3)\right) \cdot U}$$

$$\% \text{ de limons grossiers} = \frac{(P6-P1) \cdot V \cdot 100}{\left(P - \left(\frac{P}{100}\right) \cdot (MO+H+CaCO3)\right) \cdot U}$$

$$\% \text{ de sables fins} = \frac{P4 \cdot 100}{\left(P - \left(\frac{P}{100}\right) \cdot (MO+H+CaCO3)\right)}$$

$$\% \text{ de sables grossiers} = \frac{P5.100}{\left(P - \left(\frac{P}{100}\right) \cdot (MO + H + CaCO_3)\right)}$$



**Figure 01.** Triangle des textures (Baize, 1989)

## Annexe III

## Résultats de l'indice de Shannon et Weaver

**Tableau 03.** Différentes valeurs de l'indice de Shannon-Weaver de chaque espèce de la station de Boghni.

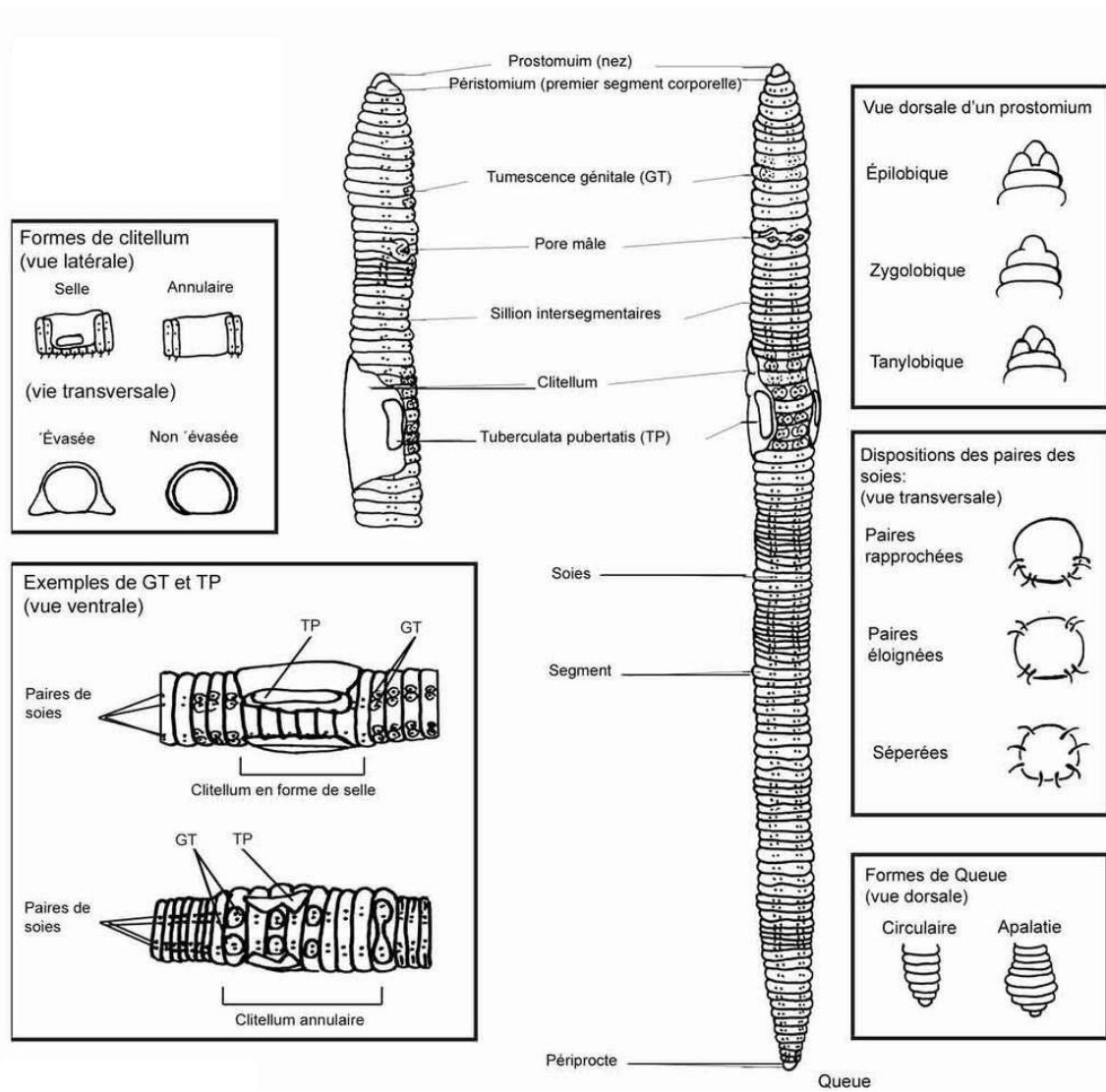
Espèces	H'
<i>Allolobophora rosea</i>	0.35
<i>Octodrilus sp</i>	0.33
<i>Octodrilus complanatus</i>	0.11
<i>Allolobophora caliginosa</i>	0.51
<i>Allolobophora géorgi</i>	0.11
<i>Allolobophora chlorotica</i>	0.26
<i>Nicodrilus caliginosus</i>	0.11
<i>Amyntas sp</i>	0.53
<b>TOTAL</b>	2.31

**Tableau 04.** Différentes valeurs de l'indice de Shannon-Weaver de chaque espèce de la station d'Azeffoune.

Espèce	H'
<i>Octodrilus complanatus</i>	0.12
<i>Allolobophora kabylianus</i>	0.48
<i>Allolobophora chlorotica</i>	0.42
<b>TOTAL</b>	1.02

## Annexe IV

## Clé d'identification des espèces de vers de terre



**Figure 02.** Clé d'identification des espèces de vers de terre (Bouché, 1972 ; Sims et Gérard, 1999)

## Annexe V

## Les résultats obtenus lors de la vérification du test de la normalité

STATISTICA - [Classeur3\* - Table de fréquences : région (Feuille de données2)]

Ajouter au Classeur Ajouter au Rapport

Arial 10 G I S

Echier Edition Affichage Insertion Format Statistiques Graphiques Outils Données Classeur Fenêtre Aide

Classeur3\*  
 Statistiques Elér  
 Statistiques  
 Table de

Table de fréquences : région (Feuille de données2)  
 K-S d=,33443, p<,05 ; Lilliefors p<,01

Catégorie	Effectifs	Effectifs Cumulés	% Indiv. Actifs	% Cumulé Ind. Act.	% toutes Observ.	% Cumulé du Total
100,5000<x<=101,0000	9	9	50,00000	50,0000	50,00000	50,0000
101,0000<x<=101,5000	0	9	0,00000	50,0000	0,00000	50,0000
101,5000<x<=102,0000	0	9	0,00000	50,0000	0,00000	50,0000
102,0000<x<=102,5000	0	9	0,00000	50,0000	0,00000	50,0000
102,5000<x<=103,0000	0	9	0,00000	50,0000	0,00000	50,0000
103,0000<x<=103,5000	0	9	0,00000	50,0000	0,00000	50,0000
103,5000<x<=104,0000	0	9	0,00000	50,0000	0,00000	50,0000
104,0000<x<=104,5000	0	9	0,00000	50,0000	0,00000	50,0000
104,5000<x<=105,0000	9	18	50,00000	100,0000	50,00000	100,0000
VM	0	18	0,00000		0,00000	100,0000

Figure 03. Résultat du test Kolmogorov-Smirnov

## Annexe VI

## Les résultats obtenus lors de l'analyse du test de Kruskal-Wallis

STATISTICA - [Classeur2\* - Test Médiane, Méd. Globale = 7,00000; espèce (Feuille de données2)]

Ajouter au Classeur Ajouter au Rapport

Arial 10

Fichier Edition Affichage Insertion Format Statistiques Graphiques Outils Données Classeur Fenêtre Aide

Classeur2\*

Statistiques Élémentaires (F)

Statistiques descriptives

Table de fréquences

Table de fréquences

Non-Paramétriques (Feuille)

Boîte de dialogue de l'ANOVA de Kruskal-Wallis

ANOVA de Kruskal-Wallis

Test Médiane, Méd.

Non-Paramétriques (Feuille)

Boîte de dialogue de l'ANOVA de Kruskal-Wallis

ANOVA de Kruskal-Wallis

Test Médiane, Méd.

ANOVA de Kruskal-Wallis

Test Médiane, Méd.

Test Médiane, Méd. Globale = 7,00000; espèce (Feuille de données2)		Var. indépendante (classement) : région		
Chi-Deux = ,9000000 dl = 1 p = ,3428		Boghni1	Azeffoune 2	Total
Dépendant : espèce				
<= Médiane : observ.	4,00000	6,00000	10,00000	
théorique	5,00000	5,00000		
obs.-thé.	-1,00000	1,00000		
> Médiane : observée	5,00000	3,00000	8,00000	
théorique	4,00000	4,00000		
obs.-thé.	1,00000	-1,00000		
Total : observé	9,00000	9,00000	18,00000	

STATISTICA - [Classeur3\* - ANOVA de Kruskal-Wallis par Rangs; espèce (Feuille de données2)]

Ajouter au Classeur Ajouter au Rapport

Arial 10

Fichier Edition Affichage Insertion Format Statistiques Graphiques Outils Données Classeur Fenêtre Aide

Classeur3\*

Statistiques Élémentaires (Feuille de données2)

Statistiques descriptives

Table de fréquences : région (Feuille de données2)

Non-Paramétriques (Feuille de données2)

Boîte de dialogue de l'ANOVA de Kruskal-Wallis par Rangs

ANOVA de Kruskal-Wallis par Rangs

Test Médiane, Méd. Globale = 7,00000

ANOVA de Kruskal-Wallis par Rangs; espèce (Feuille de données2)		Var. indépendante (classement) : région		
Test de Kruskal-Wallis : H ( 1, N= 18) =4,575171 p =,032		Code	N	Somme
Dépend. : espèce		Actifs	Rangs	
Boghni1	101	9	109,0000	
Azeffoune 2	105	9	62,0000	

Figure 04. Résultats du test non-paramétrique Kruskal -Wallis