REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES



Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de **Master**

En Ecologie et Environnement

Spécialité :Ecologie

Par :

Harabi hayat

Zellag ikram

Thème :

Contribution des oligochètes terrestres dans la region de Tipaza

Soutenue publiquement le : 30 / 06 /2025, Devant le jury composé de :

M: **Maamri I**	**MCA**	U. Médéa	Examinateur
Mme: **Tchaker F**	**MCA**	U. Médéa	Président
Mme : **Esserhane W**	**MCA**	U. Médéa	Encadreur

Année universitaire 2024/2025



J

Résume

Ce mémoire s'inscrit dans une démarche d'évaluation écologique des sols à travers l'étude des vers de terre, ou lombriciens, considérés comme des bioindicateurs clés de la qualité et de la fertilité du sol. Il vise à mieux comprendre la diversité des oligochètes présents dans la région de Tipaza, leur distribution en fonction des caractéristiques édaphiques (sol, climat, humidité), et à modéliser leur dynamique selon différents systèmes agricoles. Pour cela, les auteurs ont mené des prélèvements sur deux sites distincts : un verger à Hamr El Aïn et une forêt à Bouharoun. Différentes méthodes d'extraction chimique ont été comparées pour sélectionner la plus efficace et la moins dangereuse pour le manipulateur. Les espèces identifiées appartiennent à plusieurs familles, notamment les Lumbricidae, Megascolecidae et Acanthodrilidae, avec des genres comme Allolobophora, Nicodrilus, Octodrilus ou encore Microscolex. En parallèle de l'inventaire taxonomique, un modèle de simulation baptisé WORMDYN a été conçu. Ce modèle stochastique, structuré selon les stades de développement des vers (cocons, juvéniles, subadultes et adultes), permet de prédire l'évolution des populations de Lumbricus terrestris en fonction de deux paramètres écologiques majeurs : la température et l'humidité du sol. Il a été testé sur des parcelles cultivées selon trois systèmes : agriculture biologique, agriculture conventionnelle et culture sous couvert végétal permanent. Les résultats montrent que les pratiques culturales influencent fortement la diversité et la structure des communautés lombriciennes. L'agriculture biologique et les systèmes moins perturbés (non-labour, couvert végétal) favorisent une plus grande abondance et diversité spécifique. Le modèle WORMDYN s'est révélé performant pour simuler ces dynamiques et constitue un outil pertinent pour évaluer les impacts des pratiques agricoles sur les sols vivants. Ce travail met en lumière l'importance de préserver la faune édaphique, en particulier les vers de terre, pour maintenir la santé des sols et promouvoir des pratiques agricoles durables.

ملخص

يتناول هذا البحث تقييماً بيئياً للتربة من خلال دراسة ديدان الأرض (اللومبريسيات)، والتي تُعد مؤشرات حيوية رئيسية لجودة التربة وخصوبتها. يهدف إلى فهم تنوع الأوليغوشيتات في منطقة تيبازة، وتوزيعها حسب خصائص التربة مثل المناخ والرطوبة، بالإضافة إلى نمذجة تطورها وفقاً لأنظمة زراعية مختلفة. تم تنفيذ عمليات جمع العينات في موقعين مختلفين: بستان في "حمر العين" وغابة في

"بوهارون". تمت مقارنة عدة طرق كيميائية لاستخراج الديدان لاختيار الطريقة الأكثر فعالية وأماناً. تم تحديد أنواع مختلفة تنتمي إلى Allolobophora ، وتشمل أجناساً مثلAcanthodrilidaeو Megascolecidae، Lumbricidae عائلات متعددة مثل ، وهو WORMDYN إلى جانب الدراسة التصنيفية، تم تطوير نموذج محاكاة يُدعى .Microscolexو Octodrilus، Nicodrilus وفقاً لدرجة حرارة ورطوبة التربة. تم اختبار النموذج على أراضٍ زراعية تدار Lumbricus terrestris نموذج احتمالي يحاكي تطور بثلاثة أنظمة مختلفة: الزراعة البيولوجية، الزراعة التقليدية، والزراعة تحت الغطاء النباتي الدائم. أظهرت النتائج أن ممارسات الزراعة تؤثر بشكل كبير على تنوع وتركيب جماعات ديدان الأرض، حيث تميزت الأنظمة البيولوجية وغير المحروثة بتنوع أكبر. أثبت نموذج WORMDYN كفاءته في التنبؤ بهذه الديناميكيات، مما يجعله أداة فعالة لتقييم أثر الممارسات الزراعية على الكائنات الحية في التربة. ويؤكد هذا العمل أهمية الحفاظ على التنوع البيولوجي في التربة، وخاصة ديدان الأرض، لضمان صحة التربة وتعزيز الزراعة المستدامة

Abstract

This research focuses on the ecological assessment of soils through the study of earthworms (lumbricids), which are key bioindicators of soil quality and fertility. It aims to better understand the diversity of oligochaetes in the Tipaza region, their distribution according to edaphic factors such as soil type, climate, and moisture, and to model their population dynamics under different agricultural systems. Sampling was conducted at two distinct sites: an orchard in Hamr El Aïn and a forest in Bouharoun. Several chemical extraction methods were tested to determine the most efficient and safest technique. Various species were identified, belonging to multiple families such as Lumbricidae, Megascolecidae, and Acanthodrilidae, including genera like Allolobophora, Nicodrilus, Octodrilus, and Microscolex. Alongside the taxonomic study, a simulation model named WORMDYN was developed. This stochastic model simulates the development of Lumbricus terrestris based on key environmental variables such as soil temperature and moisture. It was tested on agricultural plots managed under three systems: organic farming, conventional farming, and permanent plant cover. Results show that agricultural practices significantly influence the diversity and structure of earthworm communities, with organic and minimally disturbed systems supporting greater diversity and abundance. The WORMDYN model proved effective in predicting these dynamics, making it a valuable tool for evaluating the impact of agricultural practices on soil biota. This work highlights the importance of preserving soil biodiversity—especially earthworms—to maintain soil health and promote sustainable agriculture.

Les Mots cles:

Oligochètes , Lombriciens, Vers de terre, Tipaza, Écologie du sol, Biodiversité édaphique, Bioindicateurs, Fertilité du sol, Systèmes agricoles, Agriculture biologique, Agriculture conventionnelle, Couvert végétal permanent, WORMDYN, Modélisation stochastique, Température du sol, Humidité du sol, Extraction chimique, Taxonomie des lombriciens, Dynamique des populations, Faune du sol, Gestion durable des sols

Remerciements

J’adresse mes sincères remerciements à Madame **Esserhane Warda**, mon encadrant, pour son accompagnement précieux, ses conseils avisés et son engagement tout au long de la réalisation de ce travail. Son encadrement rigoureux et ses encouragements constants ont grandement contribué à la réussite de ce mémoire. Je prie Dieu Tout-Puissant de la récompenser pour ses efforts, de lui accorder réussite, santé et bonheur dans sa vie personnelle et professionnelle.

Dédicace

Et la dernière de nos invocations est : Louange à Dieu, Seigneur de l'univers.

Et celui qui dit : « Je suis capable », y parviendra.

À toutes les mains tendues lorsque je trébuchais…

À chaque regard qui m'a portée…

À chaque silence plein de soutien…

Je dédie ce travail à ma famille, pilier de mon existence.

À mes chers parents, que Dieu vous comble de santé et vous accorde longue vie.

À ma bien-aimée, la prunelle de mes yeux.

À ma mère, dont les prières silencieuses étaient mes ailes.

À mon père, source d'endurance et de dignité.

À mes frères adorés : Raouf ❤, Mohamed El Amine ❤ et Chams-Eddine ❤

À ma tendre sœur Yasmine .

À celle dont l'absence m'habite…

Ma grand-mère, partie en silence, mais vivante en moi à jamais.

À ma binôme chère, merci d'avoir partagé avec moi les étapes de ce mémoire, avec générosité et bienveillance.

À moi-même, qui ai douté, persévéré, puis triomphé.

À ceux qui vivent dans mon cœur, bien que cette page ne puisse tous les nommer.

Ce parcours fut une traversée d'obstacles, de larmes et de lumières.

Aujourd'hui, je célèbre la beauté du chemin autant que la victoire.

Louange à Dieu, par Sa grâce les bonnes choses s'accomplissent.

À chaque chute, une main m'a relevée.

À chaque nuit, une lumière m'a guidée.

Cette réussite… est la vôtre autant que la mienne.

Ikram



Dédicace

À Allah, Exalté soit-Il, en premier et en dernier, source de toute grâce et de toute lumière, à Lui les louanges infinies pour Sa guidance, Sa miséricorde, et la force qu'Il m'a accordée pour persévérer.

À moi-même, qui ai mis ma confiance en Allah, enduré avec patience, et poursuivi le chemin malgré les épreuves… ceci est le fruit de ton effort : sois en fière.

À ma chère mère, prière vivante, cœur aimant et refuge inépuisable… qu'Allah te préserve et te récompense pour ton amour inconditionnel.

À l'âme de mon père, qu'Allah lui fasse miséricorde et l'accueille dans Son vaste Paradis… tu vis à jamais dans mon cœur, et je t'offre ce travail comme une œuvre pieuse à ta mémoire.

À mes frères et sœurs, soutien sincère et présence bienveillante dans toutes les étapes.

À mes amis et êtres chers, dont les prières et l'affection ont allégé le fardeau et illuminé le chemin.

À ma précieuse encadrante, qu'Allah te récompense pour ta bienveillance, ton accompagnement et ton engagement.

Et mon binôme, dont le soutien et la sincérité ont été une lumière dans mes jours les plus sombres… merci du fond du cœur, que Dieu te bénisse.

Hayat



Table de matière

Introduction générale.....15

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. La définition du sol.....1

2. La pédogenèse.....1

3. Le rôle et les fonctions du sol.....1

4. les constituants de sol.....2

4.1. Les constituants solides.....3

4.1.1. les constituant mineraux.....4

4.1.2. lesconstituantorganique.....5

4.2. les constituant liquides:(solution du sol).....6

4.3. les constituant gazeux:(atmosphère du sol).....6

4.4 Les propriétés physiques et chimiques du sol.....8

4.4.1 Les propriétés physiques du sol.....8

4.4.2 Actions anthropiques sur la biologie de sol.....15

Chapitre II : DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA TAXONOMIE ET L 'ÉCOLOGIE DES OLIGOCHÈTES

CADRE TAXONOMIQUE GÉNÉRAL DES OLIGOCHÈTES.....22

1. Critères morphologiques.....22

1.1 Dimension.....23

1.2 Pigmentation.....23

1.3. Régions du corps.....24

1.3.1. Prostomium.....24

1.3.2. Soma.....25

1.3.3. Pigydium.....25

1.3.4. Soies.....25

1.4. Caractères sexuels externes.....26

1.4.1. Organes reproducteurs.....26

1.4.1.1. Appareil génital mâle.....26

1.4.1.2. Appareil génital femelle.....27

1.5. Reproduction.....28

1.6. Ponte.....29

2. Critères anatomiques internes 30
2.1. Tube digestif 30
2.2. Le système nerveux 31
2.4. Le système nerveux 32
2.5Classification générale des Oligochètes 33
3. Les vers de terre, ingénieurs des sols 35
Chapitre III: Matériel et Méthodes
1. présentation de Zone d'étude 40
1.1 situation géographique de Tipaza 40
1- 2.Relief 41
1-3. Hydrographie 42
1-4. climat 42
2. Présentation du site d'étude 42
2-1. Hamr El Aïn 42
2-1.1 Le verger de Hamr El Aïn 42
2-2. Bouharoun 43
2-2-2. .la foret de (Saïdia Bouharoun ,Tipaza) 43
3. Caractéristiques du sol pédologie 44
4. Période et fréquence d'échantillonnage 45
5. Méthodes de prélèvement des oligochètes 45
1-sur terrain 45
6. Identification des oligochètes 47
6.1. climat générale de Tipaza 47
6.2 Température 48
6.3 précipitaion 48
6.4 Diagramme ombrothermique de Gaussen 50
CHAPITRE IV: Résultats et discussion
I. Les divers groupes taxonomiques des Oligochètes récoltés dans les dux stations d'étude 53
II.1. FAMILLE DES ACANTHODRILIDAE (MICHAELSEN, 1900) 53
II.1.1. Genre *Microscolex* (Rosa, 1897) 54
II.1.1.1. Espèce *Microscolex phosphoreus* (Dugès, 1837) 54
II.1.1.2 Description 54
II.2. FAMILLE DES MEGASCOLECIDAE (MICHAELSEN, 1900 55
II.2.1. Genre *Amynthas* (Kinberg, 1867) 55

II.2.1.1 Espèce Amynthas sp.....55
II.2.1.2. Description 55
II.3. FAMILLE DES *LUMBRICIDAE* (CLAUS, 1880).....56
II.3.1. Genre *Octodrilus* (Omodeo, 1956) 56
II.3.1.1. Espèce *Octodrilus complanatus* (Dugès, 1828) 56
II.3.1.2. Description 56
II.3.2. Genre *Nicodrilus*.....57
II.3.2.1. Espèce *Nicodrilus caliginosus caliginosus* (Bouché, 1972) 57
II.3.2.2. Description.....57
II.3.2.3. Ecologie.....58
II.4. Genre : *Allolobophora* (Eisen, 1874).....58
II.4.1. Espèce *Allolobophora rosea* (Savigny, 1826) 58
II.4.1.1. Description 58
II.4.1.2. Ecologie.....59
II.4.2. Espèce *Allolobophora borellii* (Cognetti, 1904).....59
II.4.2.1. Description 59
II.4.2.2. Ecologie.....60
II.5.3. Espèce *Allolobophora chlorotica* (Gates, 1980).....60
II.5.3.1. Description 60
II.5.3.2. Ecologie.....61
Conclusion.....62
Bibliographie 62

- **Liste des tableaux** :

- Tableau01 : Classification granulométrique**.(Frerertetal,1995).**

  Tableau02 : Principaux constituants du sol(Buttler;1992)

- Tableau03 : Fonction des principaux ions (cations et anions) présents dans les sols. (Source :

- **http://unt.unice.fr/uoh/degsol/fertilite-chimique.php**

- Tableau05 : Échelle de Salinité du sol.(USSL,1981).

- Tableau06 : Répartition mensuelle de températures moyennes (2002-2012

  Tableau07 : Pluviométries moyennes interannuelle,(ANRH2019).

- Tableau 08 : les données climatique du Pluie et T°C (10 ans),(ANRH2019)

- Tableau09 : Les divers groupes taxonomiques d'oligochètes récoltés dans lesdeux stations d'étude

- **Liste des figures**

- Figure01 : Les trois phases du sol en poids et en volume (morel 1989):
- Figure02 **:** Classification des composants de la terre fine (baize et jabiol, 1995)
- Figure03 : Triangle des textures minérales (Gobat et al.2010)
- Figure04 : Organisation hiérarchique des différentes particules organiques et minérales du sol en agrégats. (locatelli, 2013)
- Figure05 : Structure du complexe argilo-humique (source : unifa, 2005)
- Figure06 : Flux et stock des éléments traces vers le sol (Robert et Juste, 1997)
- Figure07 : interactions entre les composantes d'un sol et un polluant (d'après Hicks et al., 1990
- Figure08 :Problèmes structuraux d'un profil de sol cultivé et effets de la dégradation (d'après
  - (concaret, 1967 ; henin et al., 1969 ; soltner, 1981
- Figure9 : Carte administrative des communes de la wilaya de Tipaza.(en ligne) disponible sur el Waten- dz .com. (consulté le 11 mai 2025).
- Figure 10: carte de localisation géographique du verger étudié dans la région de cinq Martyrs , wilaya de Tipaza, Algérie
- Figure 11 : Matériels de terrain(photo réel) Figure12:Matériels de laboratoire
- Figure13: diagramme ombrothermique gausse 2002-2012(tipaza)
- Figure 14 : Morphologie de *Microscolex phosphoreus*. **(BAHA ; 2008)**
- Figure 15 : Morphologie de *Amynthas sp.* **(BAHA ; 2008).**
- Figure16 : Morphologie de *Octodrilus complabatus*. **(BAHA 2008).**
- Figure 17 : Morphologie de *Nicodrilus caliginosus*. BAHA 2008
- Figure 18 : Morphologie de *Allolobophora rosea rosea*. **(BAHA 2008).**
- Figure19 : Morphologie de *Allolobophora borellii*. **(BAHA 2008).**

- Figure 20 : Mo Morphologie de *Microscolex phosphoreus*. **(BAHA ; 2008)**rphologie de
- *Allolobophora chlorotica* **(BAHA 2008).**

- Figure 21**:** Morphologie de *Amynthas sp.* **(BAHA ; 2008).**

- Figure 22 : Morphologie de *Octodrilus complabatus.* **(BAHA 2008).**

- Figure 23 : Morphologie de *Nicodrilus caliginosus*. BAHA 200

- Figure24: Morphologie de *Allolobophora rosea rosea*. **(BAHA 2008).**

- Figure 25 : : Morphologie de *Allolobophora borellii*. **(BAHA 2008).**
- Figure 26 : Morphologie de *Allolobophora chlorotica* **(BAHA 2008).**

Introduction générale

Depuis plusieurs décennies, l'étude du monde vivant du sol a pris de plus en plus d'importance. Les organismes qui peuplent ce milieu présentent des rôles d'une grande importance puisqu'ils interviennent dans sa formation et dans son évolution. Parmi ces organismes, les lombriciens ont toujours suscité le plus d'intérêt. *charles darwin* (1881) fût le premier à reconnaître leurs rôles dans la dégradation et le brassage de la matière organique et montra que les vers de terre affectent la formation et le développement du sol. Sa conclusion fût un exposé clair sur les effets bénéfiques des vers de terre sur la fertilité du sol et n'a jamais été contestée.

Pour l'étude taxonomique des oligochčtes, il fallut attendre les travaux d'anatomistes comme Cuvier et Lamarck pour que les traits généraux de la taxonomie apparaissent avec la reconnaissance de la classe des Annélides (*lamarck, 1801).* Mais c'est michaelsen (1900), que nous devons une mise au point magistrale sur l'ensemble des oligochčtes du monde. Son oeuvre, malgré les progrès effectués depuis, constitue toujours le fondement des travaux de systématique. Des études importantes ont été publiées par la suite durant le vingtième siècle en Europe. Ainsi, en Italie, l'inventaire de plusieurs travaux comme ceux de cognetti de martiis (1901), baldasseroni (1906) et plus récemment Omdeo, ont été illustrés en poursuivant l'inventaire de Rosa. En Allemagne et en Europe centrale, les oeuvres de michaelsen (1900) et de cernosvitov (1935) se poursuivirent par des études contemporaines (*graff, 1953 ; pihailova, 1963 ; plisko, 1961 ; pop, 1948 ; zajonc, 1959 ; zisci, 1958 ; wilcke, 1967).*

En Algérie, les premiers travaux datant de 1861, ont été effectués par Gandolphe qui observa à Annaba la présence des vers de terre. Par la suite, *beddard (1892)* signala 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 identifièrent des vers de terre dans les régions forestières du massif de Djurdjura, de l'akfadou et du massif de l'edough. En 1992, baha a entrepris une étude quantitative et qualitative des vers de terres sur des sols cultivés. En 1997, berra identifia les

oligochètes des régions d'El Harrach, du Hamma et Birtouta. En 2003, omodeo, rota et baha s'intéressèrent à la biogéographie et les caractères écologiques des oligochètes du Maghreb.

La première étude approfondie a été réalisée par omodeo et martinucci (1987), qui ont trouvé 24 espèces, dont trois étaient nouvelles pour la science et 14 étaient nouvelles pour l'Algérie. baha (1997) a présenté une collection de 500 vers de terre prélevés en (1990-1991) dans divers sols de culture d'orangers dans la Mitidja, une plaine côtière au sud d'Alger. Sur les 11 espèces identifiées, *Allolobophora chlorotica* savigny (1826) était nouvelle pour l'Afrique du Nord, trois autres espèces n'avaient pas encore été signalées en Algérie, et une cinquième espèce, *Prosellodrilus doumandjii* baha et berra 2001, allait bientôt être décrite comme nouvelle pour la science baha (2008).

Le premier chapitre présente les généralités sur le sol, en commençant par sa définition scientifique et ses caractéristiques en tant que couverture pédologique issue de l'altération de la croûte terrestre sous l'effet combiné des facteurs climatiques, biologiques et géologiques. L'accent est mis sur la pédogenèse, processus lent et complexe qui conduit à la formation des horizons pédologiques et à l'équilibre dynamique entre la roche mère, la végétation et le climat.

Le mémoire s'intéresse ensuite aux rôles et fonctions du sol, en soulignant son importance écologique, technologique et socio-économique. Le sol régule les échanges de matière et d'énergie, abrite une biodiversité remarquable, assure le recyclage des nutriments, et constitue une ressource essentielle pour l'agriculture et la foresterie.

Dans cette optique, une attention particulière est portée aux organismes édaphiques, en particulier les oligochètes terrestres (vers de terre), qui jouent un rôle clé dans le fonctionnement biologique des sols. Leur présence, leur diversité et leur activité témoignent de la santé du sol et participent activement à sa structuration, à son aération, ainsi qu'au recyclage de la matière organique. Ce mémoire vise ainsi à approfondir la connaissance de ces organismes dans une

région ciblée, en l'occurrence la wilaya de Tipaza, afin d'évaluer leur contribution écologique et les facteurs influençant leur distribution.

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

1. La définition du sol :

Le sol, également appelé couverture pédologique, est une couche d'épaisseur variable qui recouvre presque toutes les parties exposées de la lithosphère. Il résulte de modifications de la couche supérieure de la croûte terrestre, sous l'action combinée de facteurs climatiques et biologiques +,mnbv

-+'{/Z +[*/+

1 ui-

(*baize et jabiol, 1995 ; lozet et mathieu, 1998).*

Le sol est un corps naturel constitué de solides (minéraux et matières organiques), de liquides et de gaz, qui se trouvent à la surface de la Terre. Il occupe l'espace et se caractérise par l'un ou les deux éléments suivants : des horizons ou des couches qui distinguent le matériau initial par des ajouts, des pertes, des transferts, ainsi que des transformations d'énergie et de matière, ou la capacité de soutenir les plantes enracinées dans un environnement naturel *(usda, nrcs, 2003)*

2.La pédogenèse

est un processus lent de formation et d'évolution des sols, avec une moyenne de 1 cm par siècle. La roche mère se fragmente sous l'influence des facteurs environnementaux, formant une couche d'humus qui s'intègre progressivement dans le sol grâce à la microfaune (*lozet et mathieu, 1997).* Le sol se structure en horizons pédologiques, formant le profil pédologique, et atteint finalement un équilibre avec la végétation et le climat.

3. Le rôle et les fonctions du sol :

Le sol est essentiel au bon fonctionnement des écosystèmes terrestres et doit être protégé contre

la dégradation, souvent causée par les activités humaines. Le biofonctionnement du sol inclut les rôles des organismes vivants dans l'interaction avec ses composantes physiques et chimiques,

permettant la dynamique de la matière organique, de l'eau et le recyclage des nutriments

(*antunes et al., 2008 ; boudiaf nait kaci et al., 2014).*

clavet (2003),a classé les fonctions du sol en trois catégories : écologique, technologique et socio-économique .

Le sol régule les échanges et flux dans l'écosystème, héberge une biodiversité riche, transforme les matières minérales et organiques, et épure les substances toxiques *(gobat, 2010*)**.** Il est aussi un témoin de l'histoire des civilisations, un réservoir de matières premières et de déchets, et une base essentielle à la vie humaine, notamment pour l'agriculture et la foresterie.

4. les constituants de sol

Le sol, couche terrestre externe, est un environnement hétérogène divisé en quatre compartiments : l'état solide, l'état liquide, l'état gazeux et l'activité biologique (*calvet, 2003*) Ces compartiments interagissent constamment par des échanges de matériaux et d'énergie à travers des processus physiques, chimiques et biologiques. Les interfaces entre ces compartiments sont chimiquement réactives, favorisant les transformations.

La phase solide, représentant généralement plus de 50% du volume du sol (**voir figure 1**), se divise en fraction minérale et fraction organique. Les phases liquide et gazeuse occupent les pores du sol, leur proportion variant selon l'hydratation. Dans des conditions extrêmes, l'une de ces phases peut être absente, comme dans le cas d'un sol complètement sec ou saturé d'eau, mais normalement, le sol contient les trois phases.

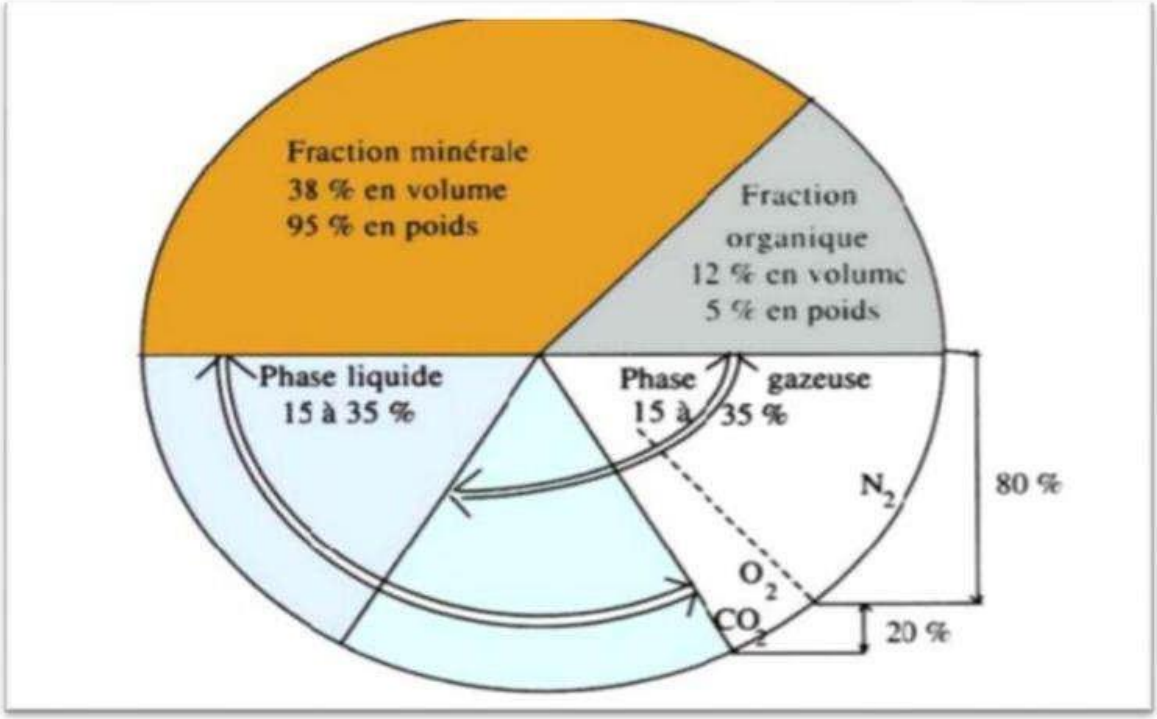


Figure 01: Les trois phases du sol en poids et en volume (morel 1989)

4.1. Les constituants solides

La phase solide du sol est constituée d'un mélange variable d'ingrédients organiques et inorganiques. Dans la nature, certains sols sont principalement minéraux, comme le sable du désert, tandis que d'autres sont riches en matière organique, comme la tourbe. Les sols cultivés contiennent généralement entre 1 % et 20 % de matière organique, la majorité ayant une teneur entre 1 % et 10 %. La répartition de la matière organique n'est pas uniforme, étant plus concentrée en surface et diminuant progressivement en profondeur (*sposito, 1989; calvet, 2003).*La phase solide se compose de deux fractions distinctes : la fraction minérale et la fraction organique

4.1.1. les constituants mineraux:

"En règle générale, les sols sont classés selon la répartition des tailles de particules qu'ils contiennent. La société américaine ASTM *(American Society for Testing and Materials*) a développé un système normalisé de classification des sols basé sur la granulométrie des particules."

Tableau.01: Classification granulométrique (*frerert et al*., 1995)

Désignation	Diamètredesgrains (mm)
Blocserratiques	>200
Cailloux	200-60
Graviersgrossiers	60-20
Graviersmoyen	20-06
Graviersfins	6-02
Sablesgrossiers	0.6-0.2
Sablefins	0.2-0.06
Siltsgrossiers	0.06-0.02
Siltsmoyens	0.02-0.006
Siltsfins	0.006-0.002
Argiles	<0.002

Les composants minéraux se forment par la dégradation physique et la décomposition chimique des roches sous-jacentes, ainsi que des matériaux déposés par les agents naturels comme le vent, l'eau et la gravité (alluvions, colluvions, dépôts éoliens). Ils se divisent en différentes catégories : les sables (2 mm à 50 µm), les limons (50 µm à 20 µm) et les argiles (moins de 2 µm) (*rolland, 1988)*

- **sables et limons:**

Le sable et le limon, ayant une granulométrie plus grosse que l'argile, jouent un rôle clé dans la structure du sol, agissant comme son "squelette". Les sols riches en sable et limon sont caractérisés par une forte perméabilité à l'eau et à l'air. L'adsorption des composés organiques sur le sable de quartz est minimale, particulièrement dans des conditions d'adsorption humide (*fisher et al)*

- **Argiles:**

Les argiles sont des matériaux complexes riches en silicates hydratés, principalement de l'aluminium, mais aussi du magnésium, du fer, ou du nickel, ce qui affecte leur couleur (*calvet, 2003)* Contrairement au sable et au limon, les argiles, bien que fines, sont très réactives en raison de leur structure minéralogique. Leur charge négative leur permet de capturer et libérer des ions H+ et des cations métalliques, influençant ainsi la capacité d'échange cationique et le pH du sol (*mumen m., 2006)*

4.1.2. Les constituants organique :

La phase organique du sol comprend des éléments organiques vivants et non vivants, tels que l'humus, les insectes, les micro-organismes et les plantes. Le terme "humus" désigne la matière organique non vivante du sol, qui se divise en deux catégories :

- **Les substances non humiques** : des matières organiques dont les propriétés biophysiques et chimiques sont identifiables, comme les glucides, les lipides, les acides aminés, les protéines, etc.
- **Les substances humiques** : des produits issus de transformations chimiques ou biologiques (comme la polymérisation ou l'altération) de la matière organique du sol (*panus et gautherou*, 2001)

4.2. les constituant liquides:(solution du sol)

- La phase liquide du sol est constituée de tous les liquides présents dans les espaces entre les particules solides. Elle représente ce que l'on appelle la "solution du sol", qui est essentiellement l'eau du sol contenant toujours des substances dissoutes (*hillel*, 1974)
- Cette phase liquide correspond à l'eau du perméat, qui se sature en gaz dissous (comme l'O2 et le CO2), en minéraux dissous, et en particules en suspension (colloïdes) par infiltration. Elle joue un rôle crucial en transportant les nutriments nécessaires aux organismes vivants, tels que Na+, Mg^{2+}, K+, NO_3^-, Cl^-, etc. (*mumen, 200)*

4.3. les constituants gazeux:(atmosphère du sol)

La composition chimique de la phase gazeuse du sol est similaire à celle de l'atmosphère terrestre, avec une prédominance de diazote (N_2) et de dioxygène (O_2) dans des proportions proches de celles observées dans l'air (78 % de N_2 et 21 % de O_2). Cependant, en raison de l'activité biologique, cette phase gazeuse est souvent plus riche en certains composés. Deux facteurs principaux influencent cette composition :

.La profondeur du sol, qui limite les échanges avec l'atmosphère.

.L'activité biologique, responsable de la consommation d'oxygène et de la libération de dioxyde de carbone à travers la respiration, ainsi que des échanges avec l'environnement, générant des molécules telles que le monoxyde d'azote (NO), le protoxyde d'azote (N_2O), l'ammoniac (NH_3), le méthane (CH_4), le sulfure d'hydrogène (H_2S) et divers composés organiques volatils *(sposito, 1989; calvet, 2003)*

La phase gazeuse se déplace à travers la porosité du sol. Ce mouvement est essentiel pour la respiration de la biomasse et est causé par deux phénomènes principaux : **l'écoulement massique** et **la diffusion**. L'écoulement massique désigne le déplacement de l'air dû aux variations de température et de pression atmosphérique, ou encore à des changements dans la

phase liquide du sol (précipitations, infiltration, évaporation). La diffusion, quant à elle, est influencée par les fluctuations de la pression partielle des gaz dans l'atmosphère terrestre. Ainsi, l'oxygène se diffuse dans le sol car la pression partielle dans la respiration des êtres vivants est inférieure à celle de l'atmosphère, tandis que le dioxyde de carbone diffuse du sol vers l'atmosphère (*hausenbuiller, r. 1978).*

Tableau.02:Principaux constituants du sol *(buttler, 1992)*

	Constituantssolides		**Constituants liquides (solution du sol) Constituants**	**Constituants gazeux (atmosphère du sol)**
	Minéraux	**Organiques**		
Origine	Désagrégation physiqueet altération biochimiquedes roches	Décompositiondes êtresvivants	Précipitation, nappes, ruissellement	Airhorssol, matières en décomposition, respiration
Critères de Classement	Taille (granulométrie) Qualité (minéralogie)	Etat(vivants,morts) Qualitéchimique (originelle, transformée)	Origine (météorique, phréatique) Etat physique (potentiel hydrique)Qualité chimique	Origine(air, organismes) Qualitéchimique
Catégories	Selon granulométrie - Squelette(>2mm)- Terre fine (<2mm) Selonminéralogie: -Quartz -Minéraux silicatés-Minéraux carbonatés	- Organismesvivants - Organismesmorts- Matières organiques héritées : cellulose, lignine résines. - Matières organiques -Humifiées:acides fulviques et humiques,humines.	-Eau-Substances dissoutes : glucide, alcools, acidesorganiques et minéraux - Cation et anion	Gazdel'air,N2, O2,CO2-Gaz issus de la respiration et de ladécomposition des organismes : CO2, H2, CH4, NH4…

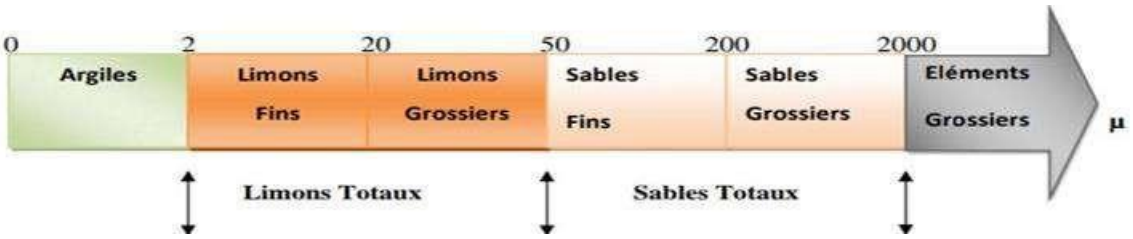


Figure 02: Classification des composants de la terre fine *(baize et jabiol*, 1995)

4.4 Les propriétés physiques et chimiques du sol

- **Les propriétés physiques du sol :**
- **La texture**

La texture du sol est une propriété qui décrit globalement la composition granulométrique de la terre fine (*gobat et al. 2010*).Elle indique la proportion respective des différents constituants triés en fonction de leur taille.

- **La texture minérale**

est décrite par des termes simples ou composés (par exemple, sableuse, argileuse) et est représentée dans un triangle des textures minérales. Elle inclut les constituants minéraux de plus de 2 mm, bien que la plupart des analyses pédologiques se concentrent sur la fraction « terre fine », composée d'éléments de moins de 2 mm.

- **Texture organique :** La texture organique est déterminée à l'aide d'un triangle, permettant de classer les échantillons en catégories fibrique, mésique ou saprique, selon la classification des tourbes (*Gobat et al.*, 1991) En plus des informations granulométriques, elle fournit des détails sur la microstructure du matériel, contrairement à la texture minérale (*Gobat et al., 2010)* Les interactions entre les constituants du sol déterminent ses propriétés (*Gobat et al., 2005)*

L'agencement des fractions influence les fonctions de transfert (eau, soluté, gaz) et les propriétés mécaniques du sol, telles que la stabilité structurelle et la résistance à la compaction. Ainsi, la texture d'un sol se définit par les proportions des constituants triés selon leur taille (*Gobat et al.*, 1998)

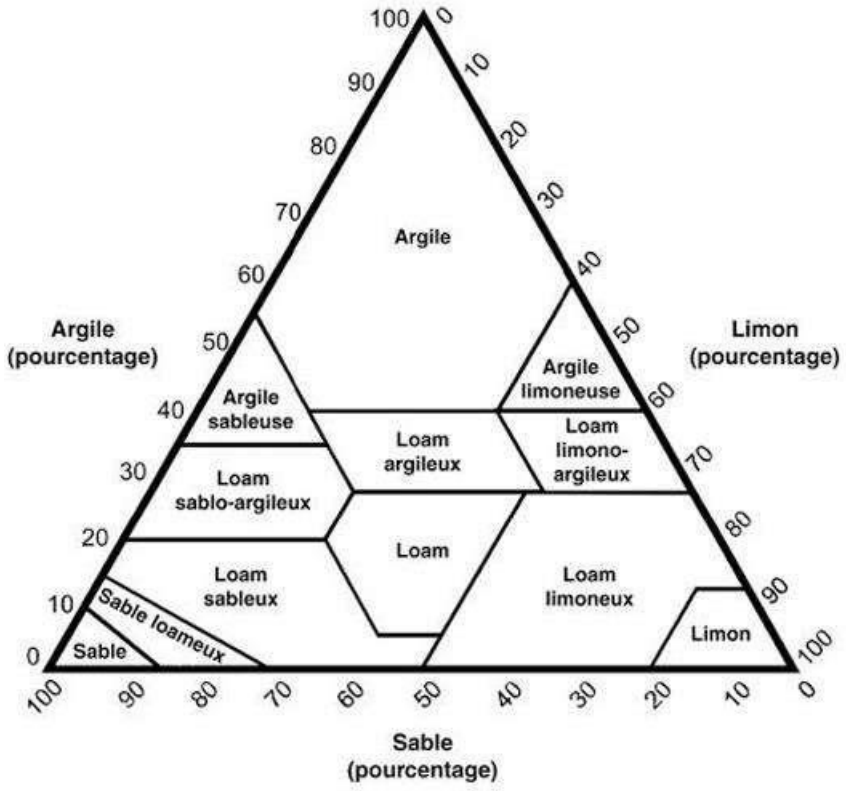


Figure 03 : Triangle des textures minérales (*Gobat et al.*2010)

- **La structure de sol**

La structure du sol est un état qui évolue avec le temps, en fonction de la texture, du taux d'humidité, de l'état des colloïdes et de la présence de matière organique, entre autres facteurs (*Gobat et al., 1998).*La porosité qui en résulte subit diverses modifications, telles que la fissuration causée par les racines, le labourage dû à l'action des organismes fouisseurs et des

vers de terre, la fissuration due à l'alternance pluie/dessèchement ou gel/dégel, ainsi que le labourage ou le compactage liés aux activités humaines (*Girard et al., 2005)*

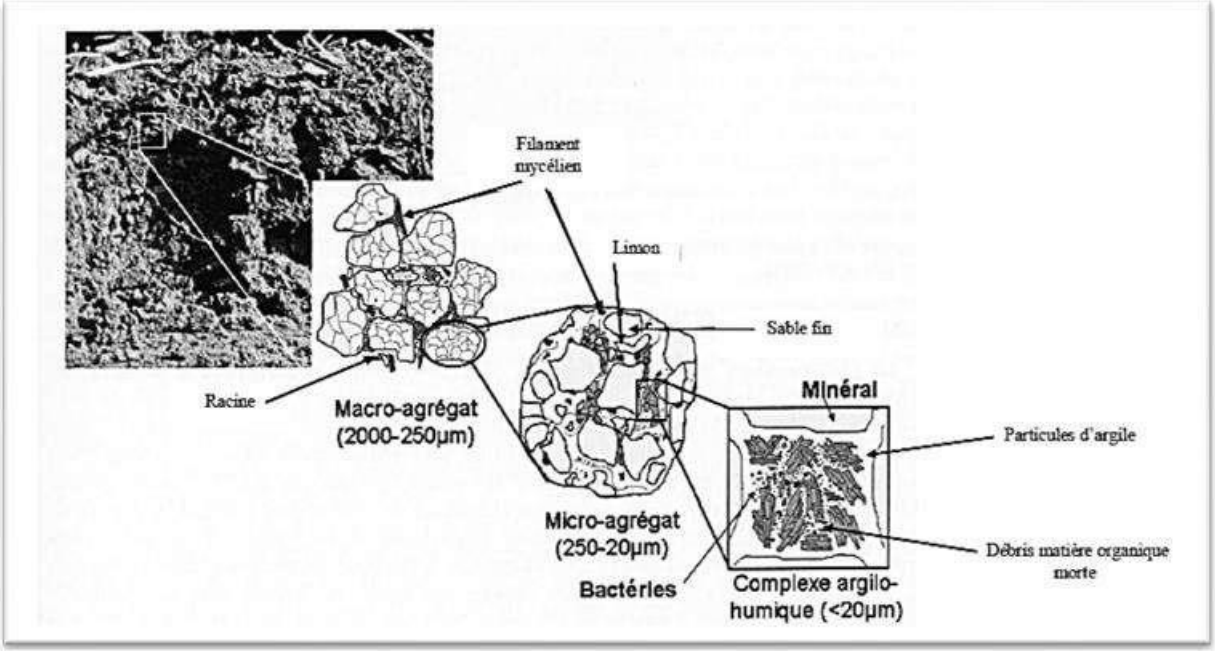


Figure 04: Organisation hiérarchique des différentes particules organiques et minérales du sol en agrégats. *(locatelli*, 2013)

- **Les argiles**, entendues dans leur sens minéralogique plutôt que granulométrique, jouent un rôle crucial dans le fonctionnement du sol. En raison de leurs propriétés colloïdales, elles influencent à la fois ses caractéristiques physiques et chimiques.

- **Un colloïde:**désigne un système dans lequel les particules sont en suspension dynamique dans un liquide, semblable à une colle ou à une gélatine. Ces particules sont entourées d'une couche dense de charges, généralement négatives, qui attirent des ions positifs tels que H^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+ et NH_4^+. Trois propriétés essentielles des argiles dépendent de leur caractère colloïdal (*Soltner, 1992)*

- **Électronégativité** : Cette propriété permet la disponibilité d'ions pour la nutrition des plantes. Des charges positives peuvent aussi exister localement sur les feuillets des argiles, facilitant la fixation d'anions tels que le phosphate (PO_4^{3-}).
- **Hydrophilie** : Les argiles, étant hydrophiles, sont capables de retenir l'eau.
- **Capacité de dispersion et de floculation** : Elles peuvent se séparer facilement de l'eau ou se lier pour former des agrégats solides, consolidant ainsi les particules du sol

L'assemblage des agrégats se déroule en plusieurs étapes, selon une organisation structurale hiérarchique (*Tisdall et Oades, 1982)*

Dans un premier temps, les particules fines, comme l'argile, la matière organique morte (débris fongiques, bactériens, racinaires, humus, polysaccharides) et vivante (bactéries), se regroupent. L'argile et l'humus, ayant des charges négatives, se lient grâce à des cations polyvalents (ponts calciques, aluminium), des hydroxydes de fer ou d'aluminium, formant ainsi le complexe argilo-humique (CAH), ou complexe adsorbant du sol.

Les complexes argilo-humiques se lient aux particules minérales plus grosses (limon et sable fin) pour former des microagrégats de 20 à 250 µm. L'association de ces microagrégats avec des particules de sable grossier, des racines et des filaments mycéliens donne naissance à des macroagrégats de plus de 2000 µm (*Tisdall et Oades, 1982)*

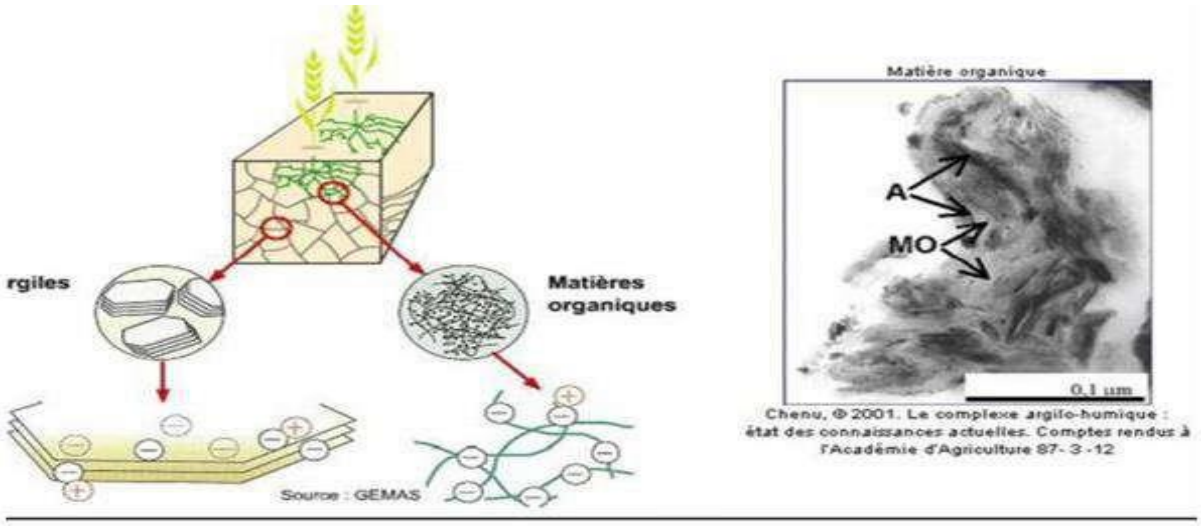


Figure 05 : Structure du complexe argilo-humique (source : unifa, 2005)

L'agencement des particules minérales et organiques dans les micro et macroagrégats crée des espaces vides, formant la porosité du sol (*callot et al., 1982)*Ces pores facilitent la circulation des phases liquide et gazeuse. La structure du sol influence la pénétration des racines, la circulation des éléments nutritifs (*callot et al., 1982; lavelle et spain, 2001)* et la répartition des micro-organismes;

- **La porosité**

La porosité du sol, déterminée par sa texture et sa structure, permet la circulation de l'eau et de l'air dans les cultures et favorise l'exploration des racines *(lanz, 2004; van veeuwen et al., 2004; seguin, 1986)***.**

Elle reflète la taille des espaces et renseigne sur les capacités aquatiques et atmosphériques du sol (*gobat et al., 2010)***.**Selon la taille des pores, la porosité se divise en trois types : grande porosité (> 50 µm), porosité intermédiaire (0,2 à 50 µm), et microporosité (< 0,2 µm) (aragnou et al., 2003).

Elle peut également être classée par origine en : porosité d'altération, texturale et structurelle (*belbachir et lakhal, 2017).*

- **Les propriétés chimiques :**

Le sol est une matrice réactive constituée d'éléments chargés, à la fois minéraux et organiques. Ces éléments interagissent entre eux, ce qui confère au sol des propriétés chimiques influençant, entre autres, la nutrition des plantes

- **Le complexe argilo-humique (CAH)** est une association entre les colloïdes chargés négativement et les cations métalliques chargés positivement, reliant ainsi l'humus et l'argile. Il agit comme un adsorbant, retenant les cations (Mg^{2+}, Ca^{2+}, K^{+}, H^{+}) dans le sol par des réactions électrostatiques, ce qui permet également l'attraction d'anions (Boruta et al., 2016).
- **La capacité d'échange cationique (CEC**) d'un sol mesure la quantité de cations qu'il peut retenir, reflétant ainsi sa fertilité. Les sols à forte CEC peuvent retenir et échanger plus efficacement des cations, comme le potassium (K+), le magnésium (Mg^{2+}), le calcium (Ca^{2+}), l'hydrogène (H+) et le sodium (Na+), que les sols à faible CEC. Un sol riche en boue et en matière organique présente généralement une CEC plus élevée *(Kucerika et al., 2018; Zupanca et al., 2018)*
- **Les ions**

Les ions présents dans les sols proviennent principalement des processus de dégradation de la roche mère et de minéralisation de la matière organique. Ils peuvent également être introduits par l'application de fertilisants chimiques et d'amendements organiques. Le tableau 04 présente une liste des principaux ions (cations et anions) ainsi que leurs rôles dans les sol

Tableau 03. Fonction des principaux ions (cations et anions) présents dans les sols
Sourcehttp://unt.unice.fr/uoh/degsol/fertilite-chimique.php

CATION(+)		ANION(-)	
H^+ :	mesure d'activité du sol	NO_3^- :	Elément nutritif ; polluant
K^+ :	élément nutritif et stabilité structurale	H^2PO^4 :	élément nutritif
NH_4^+ :	élément nutritif	HPO_4^{2-}:	élément nutritif
Na^+ :	stabilité structurale du sol	PO_4^{3-}:	élément nutritif
Ca^{2+} :	stabilité structurale	SO_4^{2-}:	élément nutritif
Mg^{2+} :	stabilité structurale	OH^-:	Présent mai sans effet
Al^{3+} :	stabilité structurale		
Fe^{3+} :	stabilité structurale		

- **Le pH**

Le pH, ou « potentiel hydrogène », mesure l'acidité ou l'alcalinité du sol en fonction de la concentration d'ions H+ dans la phase liquide. Il influence la disponibilité des éléments nutritifs, ce qui en fait un indicateur clé de la fertilité chimique du sol (*Boruta et al.*, 2016). Le pH varie entre 4,5-5 pour les sols acides et jusqu'à 8 pour les sols basiques, affectant ainsi les propriétés du sol (*Belbachir et Lakhal.*, 2017)

Tableau04:Répartition des classes des PH des sols**.**

ClassedupHdusolpH	pH
Acide	<6
Faiblementacide	6-6.5
Neutre	6.5-7.3
Faiblementbasique	7.3-7.8
Moyennementbasique	7.8-8.5
Tendancealcalin	8.5-9
Trèsalcalin	>9

- **La conductivité électrique** du sol ou des sédiments mesure la quantité d'ions dissous présents en présence d'eau. Elle permet d'évaluer la salinité du sol en déterminant la concentration des ions dans sa phase liquide. Cette mesure repose sur une propriét hydrosolytique qui génère un courant électrique proportionnel à la concentration des ions. En général, les sels minéraux du sol agissent comme de bons conducteurs électriques (*Montoroi*, 1997)

Tableau05: Échelle deSalinitédusol. (*Ussl*, 1981).

Conductivité électrique (ms/cm	**Salure**
0-0.6	Nonsalé
0.6-1.4	Peusalé
1.4-2.4	Salé
2.4-6	Trèssalés

- **Matière organique (MO)**

Les classes d'évaluation de la teneur en matière organique (MO) du sol sont déterminées en fonction du taux d'argile. La matière organique améliore la structure du sol, réduit l'érosion, régule sa température, permet un meilleur stockage de l'eau et sert de milieu de culture pour les organismes vivants. Ainsi, elle contribue de manière significative à l'amélioration de la fertilité du sol (*MirsaI, 2004)*

4.4.2 Actions anthropiques sur la biologie de sol

- **La qualité chimiques**

Le sol fonctionne comme un système chimique ouvert, où les éléments chimiques peuvent être ajoutés ou exportés par des apports atmosphériques ou des actions humaines. Ces éléments peuvent être exportés par les récoltes ou éliminés par les eaux. Toute perturbation de la composition chimique du sol peut nuire à la qualité biologique et perturber l'écosystème.

Les sols agricoles subissent une pression chimique croissante, rendant essentielle une gestion adéquate des pratiques de fertilisation et d'amendement pour préserver la qualité chimique du sol(*Tessier et al., 1996*)**.** L'industrie contribue également à la pollution des sols par les éléments traces métalliques (ETM) et les molécules organiques (*Chassin et al., 1996).*

Les termes "contamination" et "pollution" doivent être différenciés : la contamination désigne une augmentation des concentrations d'un élément sans impact immédiat, tandis que la pollution implique une accumulation dangereuse pour les organismes vivants.

Robert et Juste (1997) identifient quatre sources principales de pollution des sols : (1) les apports naturels des fonds géochimiques, (2) les apports atmosphériques, (3) les apports agricoles, et (4) les pollutions industrielles

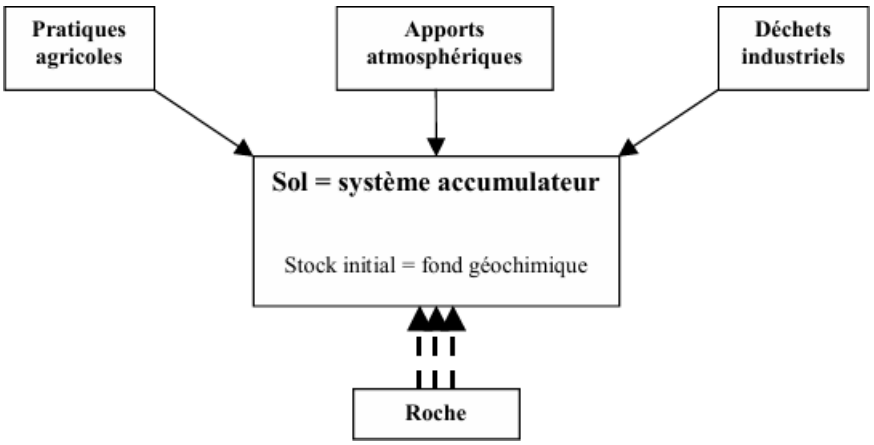


Figure 06. : Flux et stock des éléments traces vers le sol (*Robert et Juste,* 1997)

Les caractéristiques des sols varient, ce qui entraîne des réactions différentes face à un même polluant. Plusieurs facteurs influencent cette réaction et déterminent la biodisponibilité des polluants pour les organismes du sol. Il est donc crucial de les comprendre.

Selon (*Hickc et al*., 1990) les mécanismes d'interaction entre le sol et un polluant peuvent être résumés en quatre caractéristiques principales : (1) le type et la concentration du polluant, (2) sa biodisponibilité, (3) sa forme chimique, et (4) les mécanismes adaptatifs des micro-organismes et des plantes

.

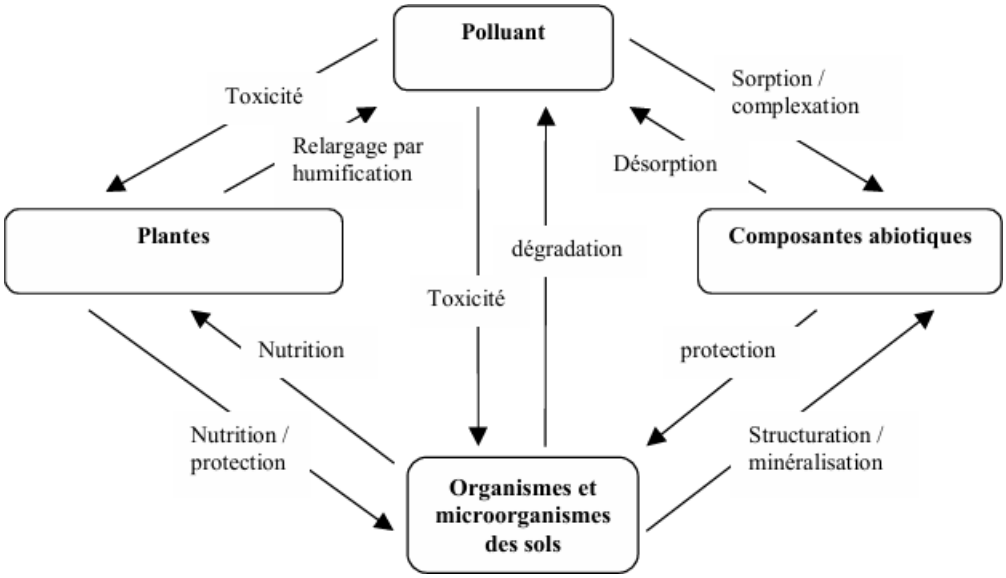


Figure 07: interactions entre les composantes d'un sol et un polluant (d'après *Hicks et al.*, 1990

- **La qualité physique**

La qualité physique d'un sol dépend de sa structure, c'est-à-dire de l'organisation des constituants minéraux et organiques. Elle est influencée par la taille, la forme et la disposition des pores et des particules solides. La matière organique et certains ciments minéraux sont essentiels pour former des agrégats (*Henin, 1958 ; Tisdall et Oades, 1982*).Dans un sol bien structuré, l'air, l'eau et les éléments nutritifs circulent facilement, et l'assemblage des particules résiste aux perturbations.

Cependant, la dégradation de la structure du sol réduit sa qualité, affectant la pénétration des racines et la circulation des gaz et de l'eau (*Tramblay-Boeuf*, 1995).La modification de la structure peut aussi perturber les mouvements des solutés et des micro- organismes *(Duchaufour, 1997 ; Papendick et Campbell, 1981*).De plus, les organismes du sol, comme la microflore bactérienne et la faune, sont sensibles aux changements de leur habitat, ce qui impacte leur survie (*Ranjard et al., 1999 ; Lavelle et Spain, 2001*)

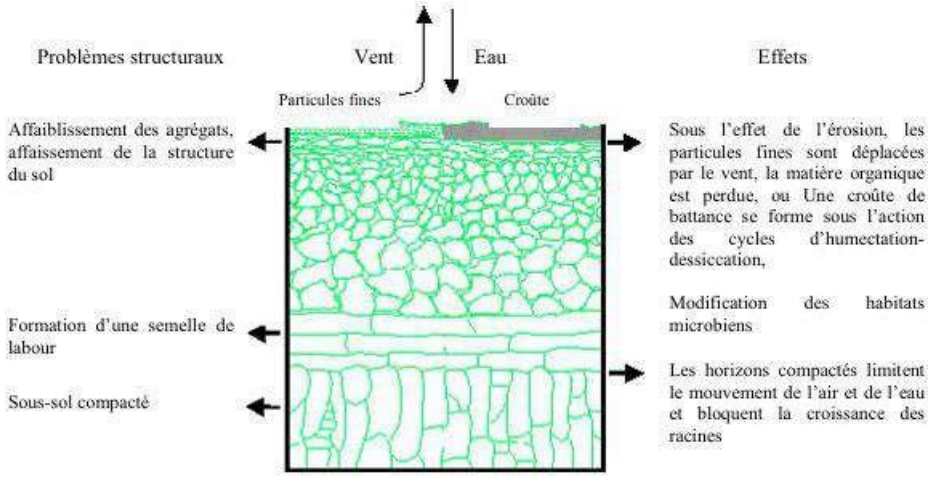


Figure 08: Problèmes structuraux d'un profil de sol cultivé et effets de la dégradation (d'après (*concaret*, 1967 ; *henin et al.*, 1969 ; *soltner*, 1981)

- **La qualité biologique**

La qualité biologique d'un sol dépend de l'abondance, de la diversité et de l'activité des organismes vivants qui le composent. Une gestion adéquate de ces ressources biologiques est essentielle pour maintenir l'équilibre de l'écosystème du sol (*andren et balandreau*, 1998 ; *usda*, 1998). Cette gestion nécessite des indicateurs biologiques pertinents pour établir des diagnostics fiables. La protection de la biodiversité du sol est cruciale pour assurer sa stabilité face aux changements environnementaux et minimiser les effets négatifs des

perturbations humaines *(McGrady-Steed et al., 1997 ; Borneman et Triplett, 1997*).

Les pratiques culturales incluent la gestion organique, le travail du sol, la fertilisation et les traitements phytosanitaires. La matière organique est essentielle pour nourrir les microbes et la chaîne trophique du sol. Les apports directs (résidus de récolte) ou indirects (augmentation de la production végétale par la fertilisation) influencent la biomasse microbienne et son activité. Une étude de *Schnurer et al*. (1985) a révélé qu'une fertilisation avec 80 kg d'azote par hectare augmentait de 30 % la biomasse microbienne par rapport aux parcelles non fertilisées.

Pozlson et al. (1987) ont démontré que la restitution des résidus de récolte augmentait la biomasse microbienne de 37 à 45 % dans les sols danois après 18 ans de traitements. De plus, ces traitements ont favorisé une augmentation de 40 à 50 % de l'azote minéralisable *houot et Chaussod* (1995) ont observé des variations similaires dans les traitements de rotation de cultures, la biomasse microbienne étant liée à la fourniture d'azote par le sol. Ces changements sont dus à la variation des stocks de matière organique labile, avec des ajustements plus rapides de la biomasse microbienne que des stocks organiques.

La gestion de la matière organique impacte la fertilité du sol, notamment pour l'azote, ce qui a conduit au développement de l'agriculture organique. Une étude de *wander et al.* (1995) a comparé deux modes de gestion organique à un système conventionnel, révélant des différences en biomasse microbienne et activité respiratoire, bien qu'aucune différence qualitative entre les populations microbiennes n'ait été observée à travers les profils d'acides gras phospholipidiques (PLFA).

Chapitre II :

DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA TAXONOMIE ET

L ’ÉCOLOGIE DES OLIGOCHÈTES

CADRE TAXONOMIQUE GÉNÉRAL DES OLIGOCHÈTES

Les lombriciens appartiennent aux Annelida Lamarck 1801, classe des oligochaeta *Huxley* 1875, qui sont des animaux métazoaires, triploblastiques, coelomates et protérostomiens *(Grassé et al., 1961).* A l'intérieur de cette classe, ils rentrent dans l'ordre des *Opisthopora* : *Yamaguchi*, 1953, non *Michaelsen* 1928, caractérisé par la diagnose suivante : Pores mâles débouchant en arrière des segments des testicules ; normalement une ou deux paires (s) de testicules, pavillons et pores mâles ; pores femelles débouchant en arrière des ovaires ou dans le segment suivant ces gonades ; une on deux paires (s) d'ovaires. Enfin, l'ensemble des lombriciens se situe à l'intérieur de la section Diplotesticulata ,*YAMAGUCHI* ,1953, définie comme regroupant des animaux possédant deux (rarement une) paires de testicules, une (rarement deux) paire d'ovaires, des pores mâles et femelles généralement pairs, très rarement fusionnés en un organe impair.

La systématique des oligochètes est basée sur les critères morphologiques et anatomiques internes.

1. Critères morphologiques:

La morphologie des Oligochètes a été décrite dans le travail de synthèse *D'AVEL (1959 in baha 2008),* c'est-à-dire les caractères généraux propres aux Oligochètes opisthopores. Les vers de terre sont des animaux qui se présentent sous un aspect bien caractéristique qui leur a valu d'être longtemps confondus avec l'ensemble des animaux vermiformes.

Cette morphologie générale, qu'ils partagent notamment avec les nématodes et de nombreuses larves d'insectes, est liée à leur écologie. La disposition des organes, dans un système sublinéaire, favorise la pénétration des animaux dans un substrat relativement compact, le sol, en réduisant le travail mécanique de forage des galeries. Leur corps est généralement de section circulaire, exceptionnellement trapézoïdale, et se termine parfois en

forme de spatule ou fer de lance. Leurs téguments, mous et humides, les contraignent à vivre à l'abri des trop grandes dessiccations et limitent leurs possibilités de développement au- dessus du sol. Enfin, trait important de leur morphologie, ils sont divisés en segments qui, dans ce groupe, correspondent à des métamères vrais et marquent profondément la disposition de leurs organes. Signalons que les vers de terre ont une odeur caractéristique, généralement assez discrète, mais qui devient relativement forte et désagréable chez *Eisenia fetida*. Considérons maintenant en détail chacun de leurs caractères morphologiques.

1.1 Dimension

La dimension des vers est difficile a estimer, car leur longueur peut varier du simple au double, et pour une mêmeespèce peut êtreinfluencée par le pH ou l'humidité du sol .les adultes ont unelongueurcomprise, pour la , entre 20 et 1100 mm et, pour le diamètre, entre 1 et 20 mm. Cette taille est donnée, comme dans les descriptions, en extension moyenne, pour des animaux vivants.

Le poids des adultes varie de quelques milligrammes à plus de 100 grammes. Sa mesure est approximative à cause du contenu intestinal (*bouche, 1966).*

1.2 Pigmentation

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

La couleur du corps des lombrics est varie, les genres Lumbricus, Les Allolobophora et les Octolasium qui vivent moins en surface et ingèrent davantage de matièresminéraux sont de couleur gris a gris bleute ; A. chloroticaest souvent de couleur verdatre avec un clitellum bien rose .Les vers des régions relativement sèches sont souvent aussi de couleur plus sombre que les vers des régions humides (*bachelier, 1978).*Les vers des régions à relativement sèches sont de couleur plus sombre que les vers des régions humides.

1.3. Régions du corps

On distingue trois régions qui n'ont pas la même signification embryologique.

1.3.1. Prostomium

Le prostomium est un petit organe situé au-dessus de la bouche et fusionné avec le premier segment ou péristomium. Extérieurement, il possède avec le segment adjacent des limites variables qui sont utilisées en systématique.

Le prostomium se présente sous six formes (figure 1). Le prostomium zygolobique apparaît comme une simple protubérance épibuccale sans limite visible avec le premier segment. Le prostomium prolobique est séparé du péristomium par une scissure et ne le recouvre pas dorsalement. A l'inverse, le prostomium tanylobique s'étend dorsalement jusqu'à la scissure située entre les premier et deuxième segments. Entre ces deux dernières catégories, des intermédiaires sont qualifiés d'épilobiques. Ils recouvrent le péristomium, plus ou moins loin en arrière, sur une fraction caractéristique de la partie dorsale. Sa limite postérieure n'est pas toujours distincte, il est alors dit « ouvert » ou bien la scissure prostomium/péristomium est complète et il est qualifié de «fermé».

Le prostomium peut encore être subdivisé transversalement par un sillon et parcouru de rides longitudinales. **(***baha ,2008)*

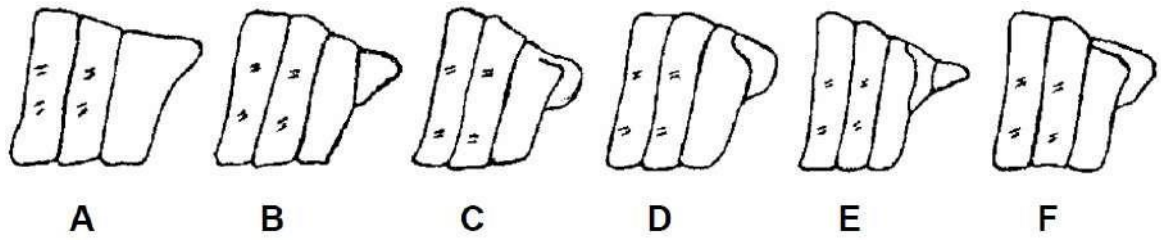


Figure09 : Vues latérales des prostomiums (*bouche*, 1972). Prostomiums : zygolobique (A), prolobique (B), épilobique ouvert (C), épilobique, fermé (D), subdivisé (E) et tanylobique (F).

1.3.2. Soma

L'essentiel du corps de l'animal est constitué de métamères dont le nombre varie normalement de 80 à 450 ce nombre peut être dépassé chez certaines espèces. Le premier segment qui délimite l'orifice buccal se nomme le péristomium. Le comptage des segments s'effectue d'avant en arrière. Chez l'adulte, le soma peut être subdivisé extérieurement, et par rapport au clitellum, en trois zones : antéclitellienne, clitellienne et posteclitellienne. (*baha 2008)*

1.3.3. Pigydium

C'est le dernier segment de l'animal. Il entoure l'anus et ne possède pas de cavité coelomique.

1.3.4. Soies

I.3.3. Les soies Les vers de terre possèdent des soies peu nombreuses, de forme peu variee etimplantees directement dans les téguments en 8 rangeesgroupees deux a deux (Fig. 10) Chez quelques oligochètessupérieurs de la famille des Megascolecidae, ces soies sont multipliées et forment au milieu des segments une ceinture presque complète(À l'exception du péristomium qui en est dépourvu, les segments des vers de terre possèdent des soies de nature double, protéique et chitineuse. Elles sont assez peu variées et de forme sigmoïde varie quelques peu d'une espèce à une autre ce qui est difficile à utiliser en systématique. Chez quelques oligochètes supérieurs de la famille des Megascolecidae, ces soies sont multipliées et forment au milieu des segments une ceinture presque complète.

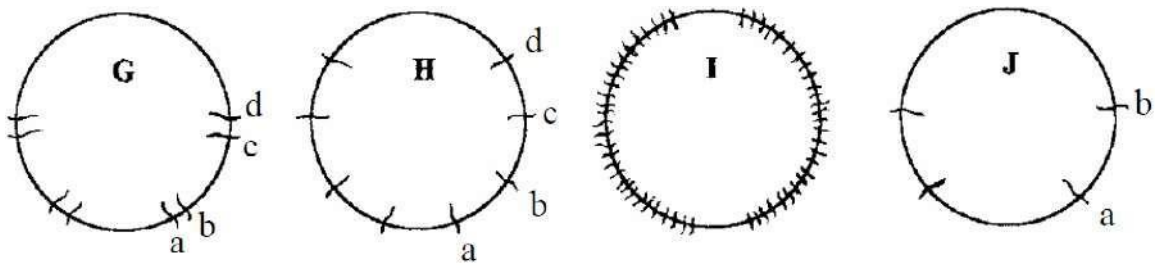


Figure 10: Dispositions des soies (,*bouche* 1972). Disposition lombricierine géminée (G), lombricienne écartée (H), périchaetienne (1), disposition chez *Haplotaxis gordioides* (J.).

1.4. Caractères sexuels externes

Au moment de la maturation sexuelle, les organes génitaux se développent et des caractères sexuels secondaires se différencient. Ces caractères, tant internes qu'externes, fourniront un grand nombre d'indications qui sont très précieuses pour le systématicien. (*AVEL,1929)* a décrit la chronologie du développement sexuel. Il y a d'abord développement des organes liés au processus d'accouplement (chaetophores, atriums mâles, nervures génitales, puberculurris) puis de celui lié à la ponte (clitellum). (*BAHA,2008).*

1.4.1. Organes reproducteurs

1.4.1.1. Appareil génital mâle

Les vers de terre sont des animaux hermaphrodites. Les testicules sont fondamentalement au nombre de deux paires situées dans les segments 10 et 11. Les capsules séminales englobent les orifices des vésicules séminales, les testicules et les pavillons mâles. Les produits séminaux des testicules achèvent leur maturation sexuelle dans les vésicules séminales peuvent être présentes dans les segments 9, 10, 11, 12. Ce caractère a donné diverses combinaisons qui ont été considérées longtemps comme fondamentales pour la systématique. Les spermathèques se présentent comme des vésicules paires, fréquemment au nombre de quatre, parfois plus et rarement absentes.

1.4.1.2. Appareil génital femelle

Cet appareil est beaucoup plus simple que l'appareil mâle. L'ovaire (une paire dans le 13ème segment) produisant les gamètes qui achèvent leur évolution dans l'ovisac (une paire qui s'ouvre en 13 et s'invagine en 14). (*baha 2008)*

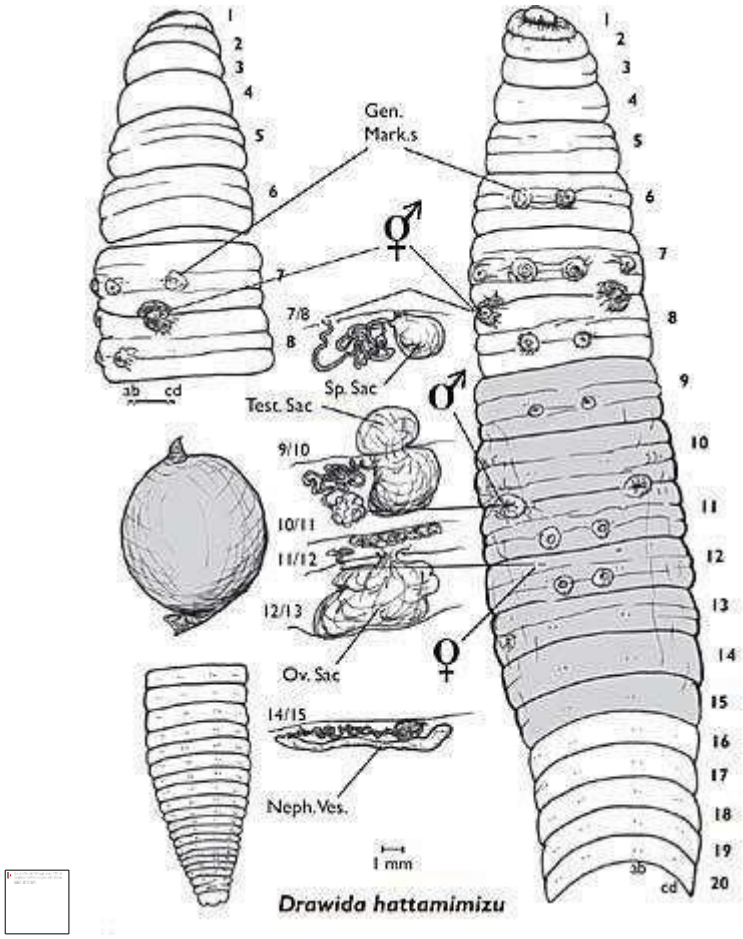


Figure 11: Vue longitudinale d'un lombric (*GOBAT ET AL*.2003)

7-8: pores des spermathèques; 9-10: organes males; 11-12: organes femelles; 15 néphridie; en grisé: le clitellum

1.5. Reproduction

Les Lombrics ont un développement direct sans passer par un stade larve : ils pondent des œufs qui éclosent pour donner directement des juvéniles semblables aux futurs adultes.

A l'éclosion, les juvéniles ne sont pas aptes à se reproduire. La maturité sexuelle n'est acquise qu'au bout d'un certain temps de croissance et marquée par l'apparition d'une structure typique de ces animaux (mais aussi des sangsues) : **le clitellum.** Il s'agit d'un bourrelet glanduleux, très visible, qui englobe de quatre à dix segments et en forme de gros anneau ou de selle dans la partie antérieure ; clitellum vient du latin clitellae qui signifie « bât ». Cette structure sert au moment de l'accouplement puis de la ponte. Elle est un très bon repère visuel pour savoir si on a affaire à ver adulte ou juvénile. (*gobat et al.2003)*

Les lombrics sont hermaphrodites : chaque individu possède des testicules qui communiquent avec deux pores mâles par où sont évacués les spermatozoïdes, juste en arrière du clitellum ; les ovaires sont reliés à un pore génital femelle situé lui en avant du clitellum avec une poche interne, la spermathèque, où sont stockés les spermatozoïdes acquis au cours de l'accouplement.(*gobat et al.2003*).

Ils s'accouplent de manière réciproque comme les escargots terrestres. Mais les organes mâles arrivent à maturité bien avant les organes femelles (plusieurs semaines) ce qui empêche toute possibilité d'autofécondation

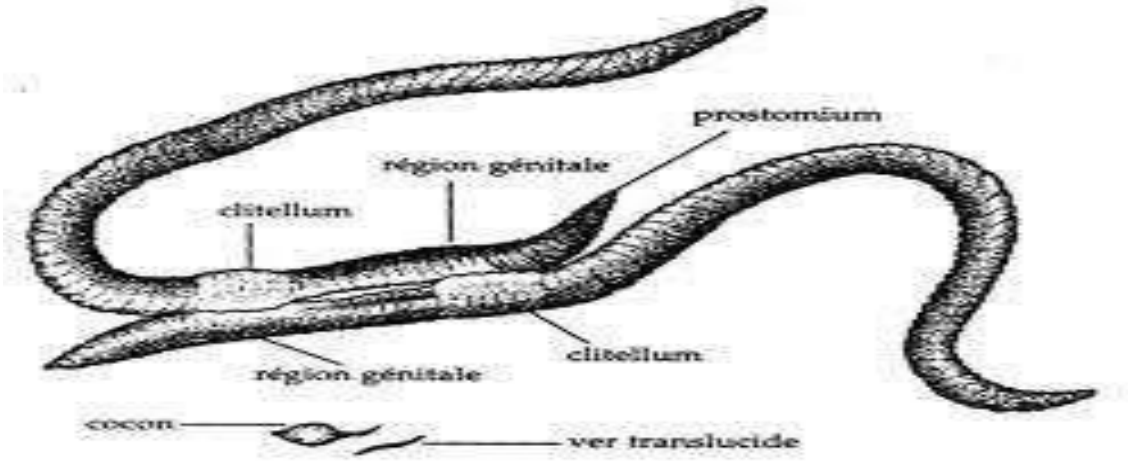


Figure 12: Changement et circulation des spermatozoïdes *(lecointre et al*,2017).

Les lombrics s'accouplent alors qu'ils sont au stade mâle : ils s'accoplent tête bêche, unis par deux manchons muqueux secrétés par leurs clitellums respectifs. Les spermatozoïdes libérés par les pores mâles circulent le long d'une sorte de gouttière et vont rejoindre des poches de stockage ou spermathèques. Ils serviront à la fécondation quand les ovaires auront atteint la maturité. (*lecointre et al2017).*

1.6. Ponte

Quand les lombrics atteignent le stade femelle, chacun de leur côté, leur clitellum secrète un cocon muqueux. L'animal s'en extrait à reculons tout y en déposant les spermatozoïdes récupérés depuis les spermathèques puis les ovules. Le cocon se referme sur lui-même et forme une coque étanche et durcie (chitine) dans laquelle a lieu la fécondation des ovules. Chaque lombric, du fait de l'hermaphroditisme, peut pond produire des œufs.

Les œufs se retrouvent donc regroupés dans ce cocon muqueux dont la taille varie de 1 à 25mm selon celle des adultes. Chaque cocon peut renfermer jusqu'à une dizaine d'œufs mais le plus souvent seulement un ou deux. Le lombric dépose ce cocon dans le sol. L'enveloppe épaisse, durcie par de la chitine, presque imputrescible, forme une protection très efficace contre les conditions défavorables dont la sécheresse ce qui constitue une autre forme de

résistance (voir ci-dessus) ; ainsi, même quand les populations adultes sont décimées par un épisode de sécheresse prolongée, l'espèce « renaîtra » grâce aux cocons. L'enveloppe protège aussi les œufs et embryons des agressions microbiennes et des champignons, très actifs dans le sol. (*nico et elina eisenhauer. 2020).*

2. Critères anatomiques internes :

Un ver de terre, considéré sur le plan anatomique, se présente comme constitué de deux tubes coaxiaux. Entre ces deux tubes, des cloisons transversales, les dissépiments, marquent la limite de chaque métamère et délimitent entre elles les cavités coelomiques. Le tube externe, ou paroi du corps, assure l'ensemble des fonctions locomotrice et respiratoire. Le tube interne constitue le tube digestif. Les fonctions de relations entre ces différents éléments sont assurées par un système sanguin fermé et le système nerveux. Le système excréteur et, à un bien moindre degré, le système reproducteur ont conservé leur métamérie fondamentale. *(baha 2008).*

2.1. Tube digestif

Selon (*BAHA* , 2001), Il s'agit schématiquement 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 (du point de vue morphologique elle a été souvent utilisée par les taxonomistes), d'un jabot et d'un gésier ; ces différentes spécialisations peuvent faire défaut ; 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).

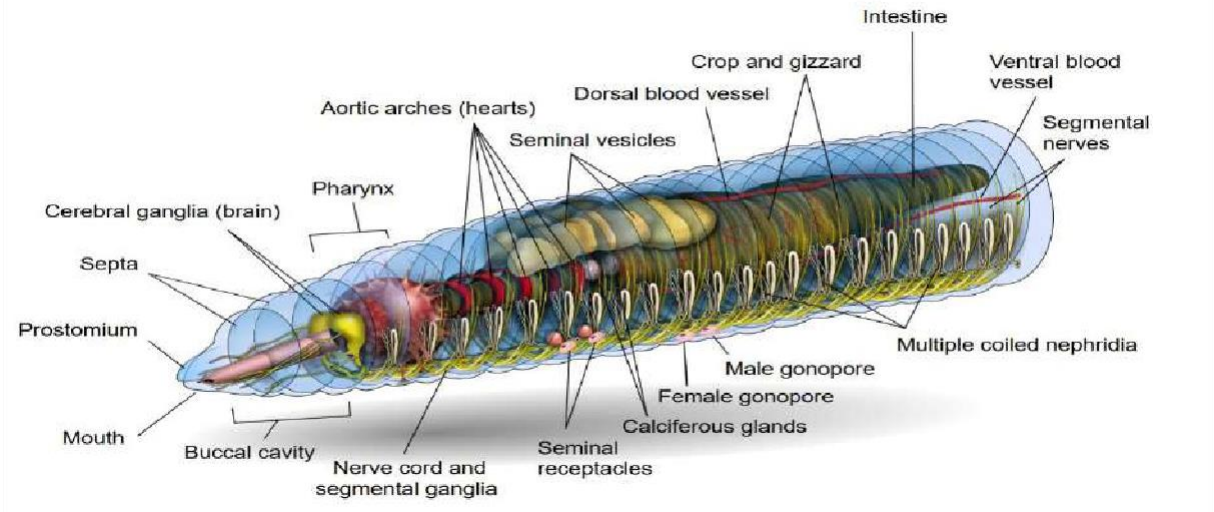


Figure 13: Anatomie interne d’une olégochète terrestre (*alexander*, 2020)

2.2. Le système nerveux

Il est composé essentiellement d’un ganglion cérébroïde bilobé (fig. 3)placé dorsalement parrapport à la bouche et d’une chaîne ventrale forméede deux nerfs accolés, avec un gangliondans chaque segment. Ces deuxformations sont reliées antérieurement par une paire deconnexions entourantle pharynx.Le cerveau et la corde nerveuse ventrale innervent lesorganes des sens.Les cils sensoriels du prostomium sont innervés par des nerfs issus du ganglioncérébroïde, ainsi que les yeux rudimentaires chez certains Naïdidae. Chezcertains Tubificidae des cellules sensorielles épidermiques ont été mises enévidence. Elles seraient innervées par des fibres nerveuses en provenancede la chaine ventrale. (*lauzanne,1968).*

2.3. Le système circulatoire

II est constitué d’un vaisseau dorsal contractile qui projette le sangd’arrière en avant. Ce vaisseau se divise en deux branches au niveau ducerveau. Ces branches confluent ventralement au niveau des segments IIIA VII, pour former un vaisseau ventral où le sang circule d’avant en arrière.

Ces deux vaisseaux sont reliés dans chaque segment antérieur par deux anses vasculaires (fig. 6 a).Dans la partie postérieure, ils sont connectés par l’intermédiaire d’un plexus intestinal très dense. Chez les espèces possédantdes branchies comme Branchiodrilus cleistochaeta, celles-ci sont irriguéespar un vaisseau afférent provenant du vaisseau dorsal et un vaisseau efférentqui se jette dans le vaisseau ventral (fig. 4).

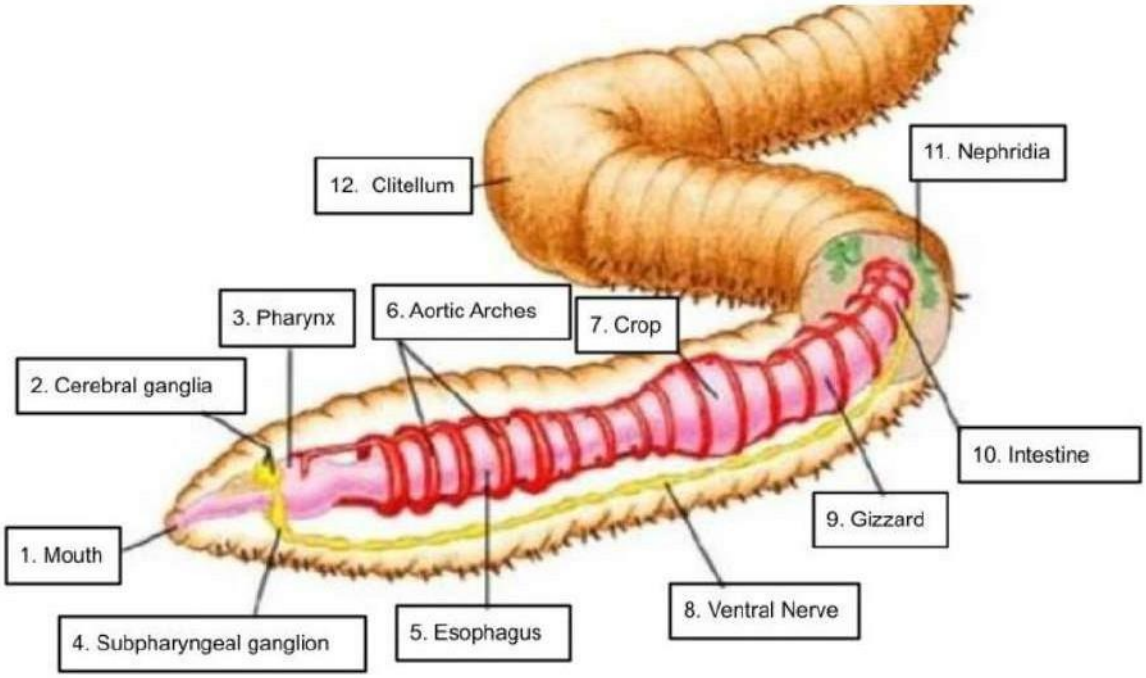


FIGURE 14; le système circulatoire des vers des terre.

2.4. Le système nerveux

Il est composé essentiellement d’un ganglion cérébroïde bilobé (fig. 8) placé dorsalement par rapport Q la bouche et d’une chaîne ventrale formée de deux nerfs accolés, avec un ganglion dans chaque segment. Ces deux formations sont reliées antérieurement par une paire de connexions entourant le pharynx. Le cerveau et la corde nerveuse ventrale innervent les organes des sens. Les cils sensoriels du prostomium sont innervés par des nerfs issus du ganglion cérébroïde, ainsi que les yeux rudimentaires chez certains Naïdidae. Chez certains

Tubificidae des cellules sensorielles épidermiques ont été mises en évidence. Elles seraient innervées par des fibres nerveuses en provenance de la chaine ventrale.

2.5Classification générale des Oligochètes

La classification adoptée est celle de *YAMAGUCHI (1953).*

La classe des Oligchètes comprend trois ordres et vingt trois familles.

Classe Oligochaeta

Ordre Archiopora

Superfamille Aelosomatoidea

Famille Aelosomatidae

Ordre Prosopora

Superfamille Lumbriculoidea

Famille Lumbriculidae

Famille Branchiobdellidae

Ordre Opisthopora

Section Monotesticulata

Série Plesiotheca

Superfamille Naidoidea

Famille Naididae

Superfamille Opisthocystoidea

Famille Opisthocystidae

Superfamille Tubificoidea

Famille Tubificidae

Famille Phreodrilidae

Série Prosotheca

Superfamille Enchytraeoide

Famille Enchytraeidae

Section Diplotesticulala

Série Prosoandria

Superfamille Haplotaxoidea

Famille Haplotaxidae

Famille Alluroididae

Superfamille Moniligastroidea

Famille *Moniligastridae*

Famille Syngenodrilidae

Série Opisthoandria

Superfamille Megascolecoidea

Famille Acanthodrilidae

Famille Megascolecidae

Famille Eudrilidae

Superfamille Lumbricoidea

Famille Glossoscolecidae

Famille Sparganophilidae

Famille Ailoscolecidae

Famille Microchaetidae

Famille Criodrilidae

Famille Hormogastridae

Sous-famille Hormogastrinae

Sous-famille Vignysinae

Famille Lumbricidae

Famille Diporodrilidae

3. Les vers de terre, ingénieurs des sols

Il faut d'abord rappeler qu'il existe une grande diversité d'espèces de vers de terre – environ 6000 espèces, dont moins de la moitié ont été décrites. On classe ces espèces en trois groupes écologiques (:

- les épigés, qui vivent au-dessus du sol dans les feuilles mortes et s'en nourrissent,
- les endogés, qui vivent dans le sol et se nourrissent de la matière organique morte qu'il contient,
- les anéciques, qui vivent dans le sol mais se nourrissent des feuilles mortes à la surface du sol.

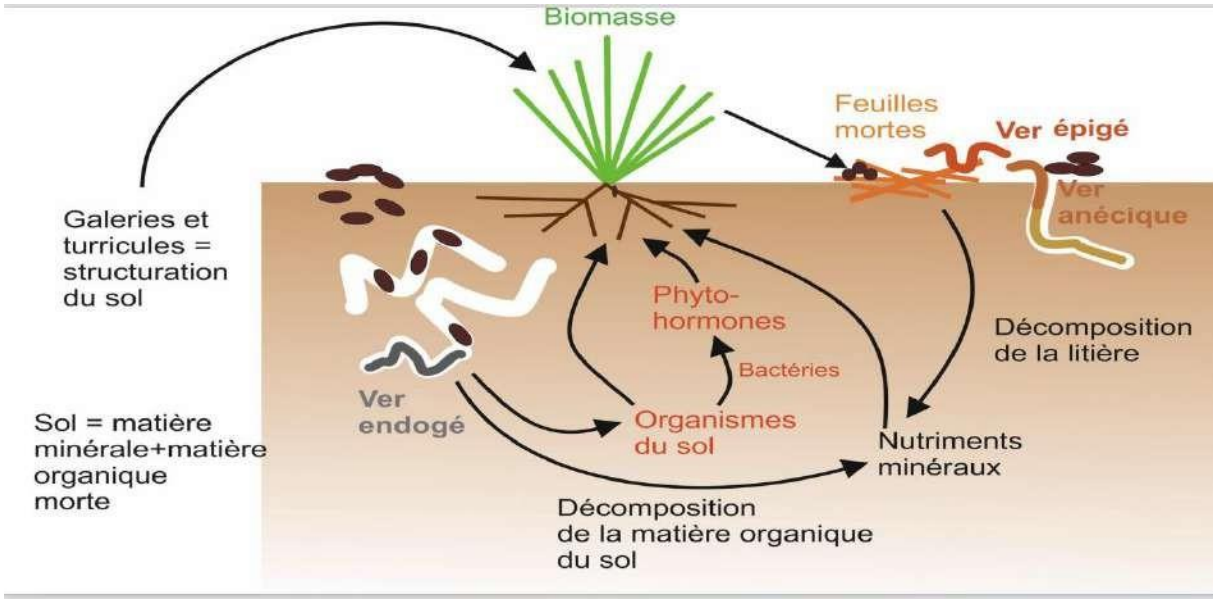


Figure14: Schéma des interactions et flux de nutriments entre vers de terre, microorganismes (dont bactéries) et plantes dans le sol. Source**: (S**. *Barot* 2017)

Chapitre III

Matériel et Méthodes

1. présentation de Zone d'étude :

1.1situation géographique de Tipaza : La wilaya de Tipaza, située à 61 km à l'ouest d'Alger, est une région côtière du nord de l'Algérie s'étendant sur une superficie de 1707 km². Elle est délimitée par la mer Méditerranée au nord, Alger à l'est, Blida au sud-est, Aïn Defla au sud et Chlef à l'ouest. Son relief est varié, comprenant des zones montagneuses (336 km²), des collines et piémonts (577 km²), des plaines (611 km²) et d'autres zones (183 km²). La région marque la transition entre l'Atlas blidéen et les principaux massifs tels que les monts du Dahra, du Zaccar et le mont Chenoua. Le littoral est irrégulier, avec des falaises escarpées notamment autour de Cherchell et Tipaza. L'hydrographie est dominée par plusieurs oueds traversant la wilaya d'est en ouest, dont l'oued Mazafran, l'oued El Hachem, l'oued Djer et l'oued Damous. Le climat est de type sub-humide, avec un hiver doux au nord et plus chaud au sud. Les vents soufflent majoritairement du sud et de l'ouest, tandis que le sirocco y est rare. Les données de la station de Merad (1978–2004) indiquent une moyenne annuelle de précipitations d'environ 600 mm, avec des températures variant entre 33°C en été et 5,7°C en hiver.



Figure15 :carte de l'Algérie montrant la position de Tipaza (site web).

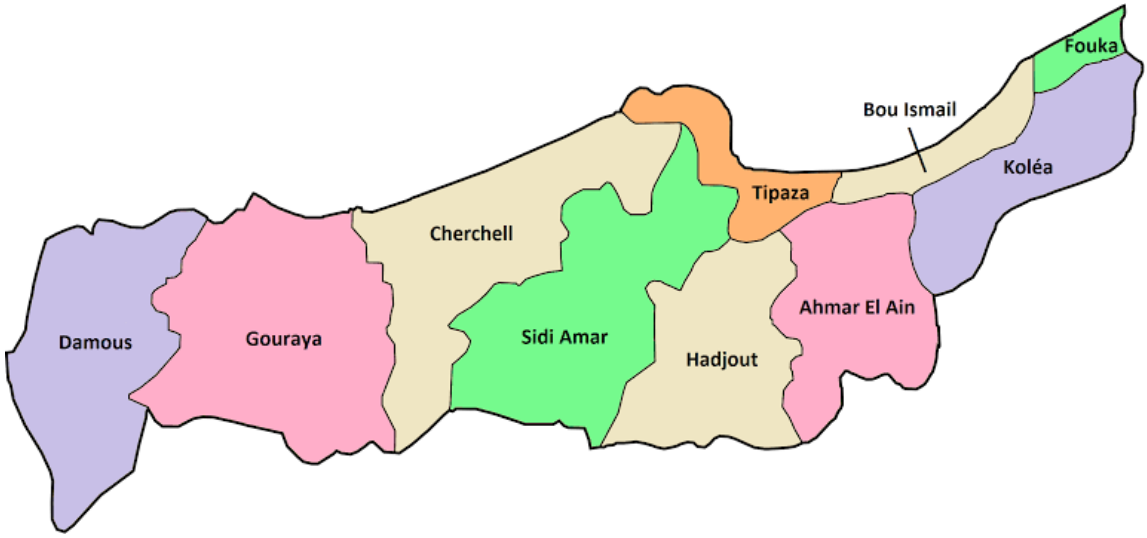


Figure16: Carte administrative des communes de la wilaya de Tipaza. (en ligne) disponible sur el Waten- dz .com. (consulté le 11 mai 2025).

2. **Présentation du site d'étude :** Deux stations ont été sélectionnées pour l'échantillonnage :

- ✓ Station 1 : Bouharoun - La Fôret (Saïdia) : Une zone semi-urbaine couverte partiellement de végétation arbustive et arbustive.
- ✓ Station 2 : - Hamr El Ain (Verger) : Une région plus rurale, présentant un sol plus compact avec une couverture végétale moyenne.

Ces deux sites diffèrent légèrement par leur nature édaphique et leur occupation humaine, permettant ainsi une comparaison écologique pertinente

2-1. Hamr El Aïn :

est une commune située dans la wilaya de Tipaza, au nord de l'Algérie. Elle se trouve à environ 70 km à l'ouest d'Alger, dans la région de Titteri. La commune est principalement rurale, avec une population d'environ 29 566 habitants selon le recensement de 2008

2-1.1 Le verger de Hamr El Aïn : étudié se caractérise par une diversité d'espèces fruitières, comprenant notamment des citronniers (Citrus limon), des orangers (Citrus sinensis), des bananiers (Musa spp.) et des figuiers (Ficus carica). Ces arbres sont répartis de manière à optimiser à la fois l'ensoleillement et l'aération, favorisant ainsi leur croissance et leur productivité.

Le sol du verger, de texture généralement limono-argileuse, permet une bonne rétention d'eau

tout en assurant un drainage adéquat. Autour des arbres fruitiers, une variété d'herbes aromatiques — telles que la menthe (Mentha spp.), le basilic (Ocimum basilicum), le thym (Thymus vulgaris) et le romarin (Rosmarinus officinalis) — poussent naturellement ou sont cultivées en association. Ces plantes ne jouent pas seulement un rôle aromatique ; elles contribuent également à la biodiversité du sol, attirent les pollinisateurs, et peuvent avoir un effet répulsif contre certains ravageurs



Figure17: "Carte de localisation géographique du verger étudié dans la région de Cinq Martyrs, wilaya de Tipaza, Algérie."

2-2. Bouharoun :est un commune côtière de la wilaya de Tipaza ,située en Algérie .elle s'étend le long de la mer Méditerranée , à l'ouest d'Alger .leur relief est caractérisé par des collines basses et des falaises proches du littoral.la topographie varie entre plaines côtières et terrains rocheux en altitude modérée .elle à un climat méditerranéen d'hivers doux, étés chauds et secs ,précipitations concentrées en hiver.

2-2-1. .la foret de (Saïdia Bouharoun ,Tipaza) :

La forêt de Saïdia se trouve dans la commune de Bouharoun, située au nord-est de la wilaya

de Tipaza, à environ 20 km à l'est de la ville de Tipaza, sur la côte méditerranéenne algérienne. L'altitude varie entre 200 et 800mètres selon les zones forestières. Cette variation crée des microclimats et influence la biodiversité.les parties basses sont plus chaudes et humides , favorisant certaines espèces, les sommets offrent un climat plus frais et des sols plus acides. Est une foret dense avec une faune et flore variées, idéal pour étudier les oligochètes. Bouharoun est connue pour son port et ses activités de pêche, mais la forêt de Saïdia, située à proximité, est devenue un espace naturel très prisé pour la détente et les loisirs



Figure 18 :la foret de Saïdia Bouharoun , Tipaza(photo personnelle).

2.2.2Caractéristiques du sol pédologie :Notre zone d'étude comprend trois types principaux de sols, selon Aubert et al.

(1967): Sols peu évolués : Ces sols se trouvent principalement sur les bas de pente et sont issus de matériaux déposés par l'érosion des pentes supérieures. Ils présentent une texture sablo- limoneuse, une forte porosité, et une faible teneur en matière organique, généralement inférieure à 2%. Sols bruns calcaires : Localisés surtout sur les pentes, ces sols se développent sur des roches tendres comme les marnes. Ils se caractérisent par un début de décalcification en surface, tandis que le calcaire s'accumule en profondeur.

3.Période et fréquence d'échantillonnage :

Les campagnes d'échantillonnage ont été menées entre mars et juin 2025, avec une sortie par mois pour chaque site. Cette période a été choisie en raison des conditions climatiques favorables à l'activité biologique des oligochètes (humidité du sol, température modérée). Il ya 2 sites de prélèvement la foret de Saïdia Bouharoun et un verger de Hamr el ain.

4.Matériel de terrain et de laboratoire :

1•sur terrain : nous avons utilisé

- Mètre pour délimiter les parcelles
•petits boites pour le stockage de vers de terre
•pioche
•pelle
•gants



Figure17 : Matériels de terrain (photo réel).

2 .au laboratoire :

•Loupe binoculaire (OPTIKA)
•Des boites pour le lavage des échantillons
•Boites de pétri .
•Eau de robinet
•Pince
•Des gants
• Formol

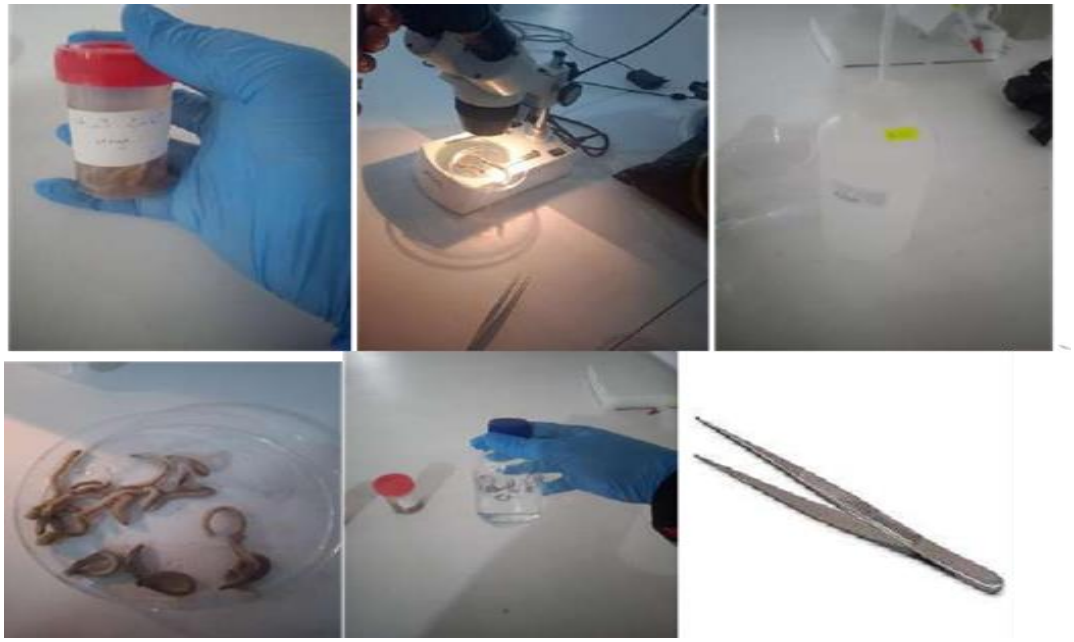


Figure18 :Matériels de laboratoire(photo personnel)

5.Méthodes de prélèvement des oligochètes : Dans le cadre de cette étude, des campagnes d'échantillonnage ont été réalisées dans deux stations situées dans la région de Tipaza : Chaque station a été visitée deux fois, à raison d'un échantillonnage par mois, durant la période allant de mars à juillet, soit un total de 6 sorties sur le terrain.

Deux méthodes ont été utilisées pour le prélèvement des oligochètes :

- Méthode manuelle : consiste à retourner le sol à l'aide d'une bêche dans des carrés de 25 x

25 cm jusqu'à une profondeur de 20 cm, puis à rechercher manuellement les individus.

:on utilise le formol pour la conservation des echantillons.

5.1. Échantillonnage des oligochètes :

Pour la collecte des oligochètes, une parcelle de 10 m² a été délimitée dans chaque station d'étude. Cette parcelle a été subdivisée en sous-unités de 25 × 25 cm. Le prélèvement s'est effectué jusqu'à une profondeur de 20 cm à l'aide de pelles manuelles (bêches). La méthode utilisée repose sur la technique des tranches (ou transects), permettant une représentation plus fidèle de la distribution des espèces.
Les individus récoltés ont été extraits manuellement du sol et placés dans des boîtes en plastique, puis transportés au laboratoire pour l'identification.

5.2 Préservation et identification :

Afin de préserver les spécimens avant identification, ceux-ci ont été fixés dans une solution formolée. L'identification des oligochètes a été réalisée au laboratoire en utilisant une loupe binoculaire. Les critères morphologiques considérés incluent principalement la présence et la forme du clitellum (ceinture), ainsi que l'extrémité antérieure et postérieure du corps. Des photos ont été prises à l'aide d'un appareil numérique pour documenter les observations.

5.3.Tri et conservation des échantillons :

Le tri a été effectué à l'aide d'une loupe binoculaire en laboratoire, en séparant les oligochètes du reste de la matière organique et du sol. Les individus ont été conservés dans des boites étiquetés indiquant le site, la date, et la nombre de prélèvement.

6.Identification des oligochètes : L'identification des oligochètes terrestres s'effectue principalement au laboratoire, après la collecte et la conservation des spécimens. Elle repose sur l'observation de caractères morphologiques externes et internes, souvent à l'aide d'une loupe binoculaire ou d'un microscope stéréoscopique.

1. Préparation des spécimens

Les spécimens collectés sur le terrain sont placés dans des boîtes contenant une solution fixatrice (formol à 4 % ou alcool à 70 %) pour leur conservation. Avant l'identification, ils sont nettoyés délicatement à l'eau pour retirer les particules de sol.

2. Caractères morphologiques utilisés

Les critères suivants sont généralement utilisés pour identifier les oligochètes jusqu'au genre ou à l'espèce :

Taille totale et nombre de segments

Forme et position du clitellum (organe reproducteur visible)

Position et forme des pores génitaux

Nombre et disposition des soies (ou setae)

Pigmentation du corps

Présence ou absence de prostomium (lobe antérieur)

Disposition des organes internes (testicules, ovaires, vésicules séminales, etc.)

3. Clés d'identification

On utilise des clés dichotomiques disponibles dans la littérature spécialisée, comme :

Bouché (1972) – Référence majeure en Europe

Csuzdi & Zicsi (2003) – Guide pour l'Europe et la région paléarctique

Ouvrages spécifiques pour l'Afrique du Nord si disponibles

4. Classification

Les oligochètes sont classés en plusieurs familles, parmi les plus fréquentes :

Lumbricidae (ex. Lumbricus, Aporrectodea, Eisenia)

Megascolecidae

Acanthodrilidae

Chaque famille présente des traits caractéristiques facilitant l'identification

L'identification des spécimens a été réalisée à l'aide de clés de détermination classiques, notamment : Bouché(1972) et BAHA2008 : Lombriciens de France.Écologie et Systématique.

- *Sims & Gerard* (1999) : Earthworms: Notes for the identification of British species.

Les critères morphologiques utilisés incluent :

- la forme et la disposition des soies.
- la pigmentation du corps,
- la taille générale,
- la position et la forme du clitellum,
- les segments génitaux.

7.climat générale de Tipaza :

climat et moyennes météorologiques tout au long de l'année pour Tipaza, à Tipaza ,les étés sont très chaud, humide , sec et dégagé dans l'ensemble et les hivers sont long ,frisquet , venteux et partiellement nuageux .au cours de l'année , la température varie généralement de 7°C à32°C et est rarement inférieure à3°C ou supérieure à 36°C.

7.1Température : Les relevés moyens mensuels des températures ont été enregistrés sur une période de10 ans (2002 à 2012 station de Tipaza) sont présentés dans le tableau suivant : *(ANRH* 2019)

Tableau 06 : Répartition mensuelle de températures moyennes (2002-2012

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T(min)°C	8,18	8,16	1,06	11,34	14,01	19,32	20,37	20,16	16,99	13,97	11,84	10,39
T(max)°C	17	17	19	21	26	30	33	32	30	27	20	17
T(moy)°C	12	12,08	14,5	15,61	19,81	24,41	26,52	26,39	23,37	20,04	15,91	12,80

D'après le tableau 06, nous observons que la température moyenne mensuelle la plus basse est de 12°C ,correspondant au mois de janvier, tandis que la température moyenne mensuelle la plus élevée est de 26,52°C, enregistrée en juillet.

7.2précipitaion :

La pluviométrie désigne l'ensemble des précipitations atmosphériques recueillies sur un bassin versant ou une surface bien définie. Ces précipitations peuvent se présenter sous forme liquide (pluie, brouillard, rosée, etc.) ou solide (neige, grêle, givre, etc.), et elles varient dans le temps comme dans l'espace. Les précipitations jouent un rôle déterminant dans le régime des cours d'eau, influençant directement le débit, la concentration en matières en suspension, ainsi que les phénomènes de dilution. Les valeurs moyennes de la pluviométrie observées sur la période 2002–2012 sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau07:Pluviométries moyennes interannuelle (ANRH2019)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Pluie (mm)	81,14	67,49	60,38	56,94	37,94	0,81	1,73	10,49	36, 8	65,09	94, 4	82, 8	596,01

Tableau08 :les données climatique du Pluie et T°C (10 ans) (*ANRH*2019

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Pluie (mm)	81.14	67.49	60.38	56.94	37.94	0.81	1.73	10.49	36.8	65.09	94.4	82,8
T°C	12	12.08	14.5	15.61	19.81	24.41	26.52	26.39	23.37	20.04	15.91	12.80

6,4Diagramme ombrothermique de Gaussen :

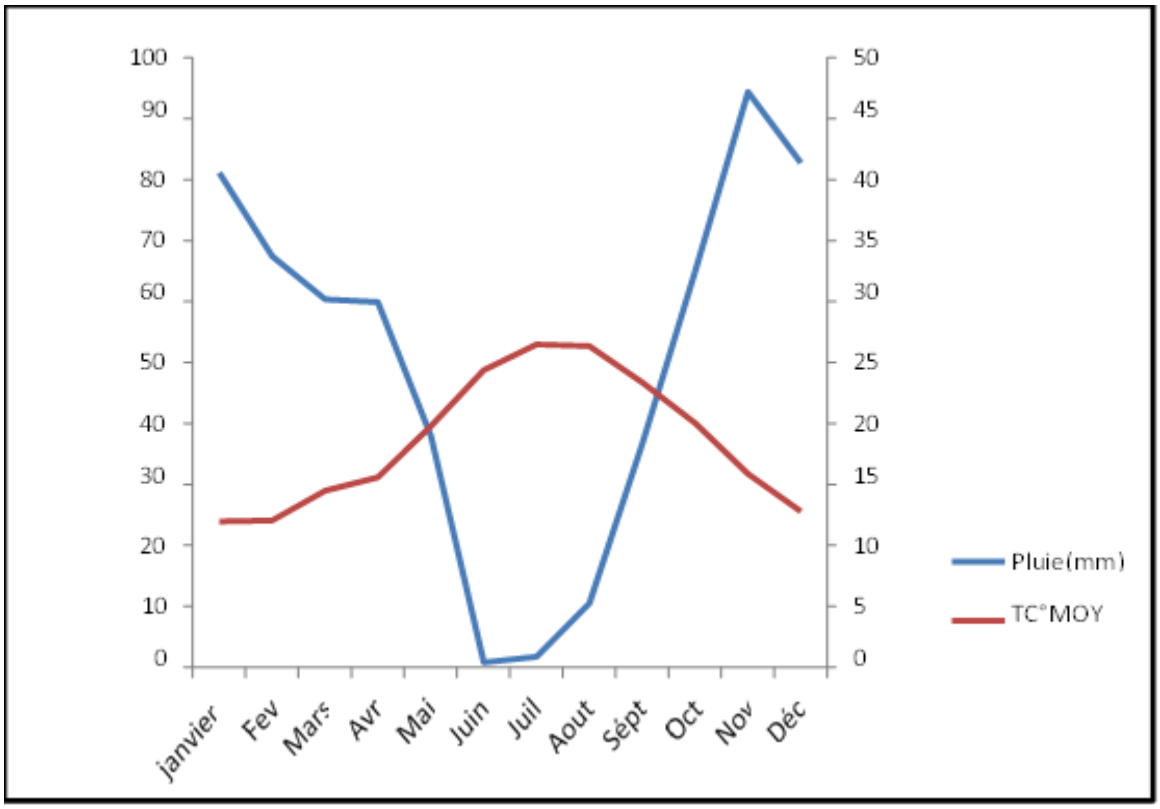


Figure19 :Diagramme Ombrothermiquede *Gausse*2002–2012 (Tipaza).

D’après le diagramme, la répartition saisonnière se présente comme suit : la saison sèche s'étend sur une période de quatre mois, allant de la fin mai jusqu’au début du mois d’octobre. Le climat de la zone d’étude est de type sub-humide, caractérisé par des hivers doux et humides, et des étés chauds et secs. Dans l’ensemble, ces conditions climatiques sont favorables au développement des activités agricoles dans la région

CHAPITRE IV

Résultats et discussion

I. Les divers groupes taxonomiques des Oligochètes récoltés dans les dux stations d'étude:

Dans les deux stations explorées dans la Wilaya de Tipaza, 71 Oligochètes sont échantillonnés.
Les 71 individus sont identifiés à 3 familles d'Oligochètes, 5 genres et 08 espèces. Les espèces échantillonnées sont identifiées selon la classification de *BOUCHÉ (1972)et BAHA2008*. Nous présentons pour chaque espèce, sa description et son écologie.

Tableau 09 : Les divers groupes taxonomiques d'oligochètes récoltés dans les deux stations d'étude:

Emb	Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce	Ni
Annelida	Oligochaeta	Opistopora	Acanthodrilidae	*Microscolex*	*Microscolex phosphoreus* (dugès, 1837)	**2**
			Egascolecidae	*Amynthas*	*Amynthas* sp.	**7**
			Lumbricidae	*Octodrilus*	*Octodrilus complanatus* (dugès, 1828)	**5**
					Octodrilus sp	**3**
				Nicodrilus	*Nicodrilus caliginosus*	**6**
					Nicodrilus caliginosus caliginosus (bouché, 1972)	**6**
				Allolobophora (eisen, 1874)	*Allolobophora rosea* (savigny, 1826)	**27**
					Allolobophora chlorotica (gates, 1980)	**11**
					Allolobophora borellii (cognetti, 1904)	**4**
totale						**71**

II.1. FAMILLE DES ACANTHODRILIDAE (*MICHAELSEN*, 1900)

La famille des *Acanthodrilidae* appartient à la superfamille des *Megascolecoidea* dont l'appareil reproducteur a une architecture dite acanthodrilienne; une paire de prostates tubuleuses débouchant en 17 dans le segment des pores mâles, et deux paires de spermthèques débouchant devant ou dans les scissures 7/8 et 8/9. Cette famille est caractérisée par une disposition sétale lombricienne. Les néphridiopores sont placés en deux séries bilatérales. Les glandes de Morren manquent généralement. Il peut y avoir absence ou présence de

spermathèques.

Cette famille est représentée dans ce travail par un seul genre *Microscolex* et une espèces *Microscolex phophoreus* observées dans les régions de Ahmer al ain.

II.1.1. Genre *Microscolex* (*Rosa, 1897)***

II.1.1.1. Espèce *Microscolex phosphoreus* (*Dugès, 1837)***

L'espèce *Microscolex phosphoreus* est synonyme de *Lumbricus phosphoreus* (*Dugès, 1837)* et de *Microscolex phosphoreus* (*Bouché, 1972).*

II.1.1.2 Description

Espèce assez monotypique. Longueur : 8-22 mm ; largeur : 0,5-1,2 mm. Nombre de segments : 49-93. Forme cylindrique, uniforme. Epithélium souple. Pas de pigmentation. Prostomium épilobique fermé1/2 (2/3 ouvert). Péristomium très long. Les soies sont géminées, éloignées, distantes ; semblent rapprochées du côté ventral ; rapport sétal postclitellien : 39 : 21 : 42 : 25 : 68 (25). Pores dorsaux absents. Pores néphridiens bien développés, visibles sous les soies *c* à partir du quatrième segment. Pores mâles punctiformes sans porophore, en 1/2 17. Pores femelles bien développés, situés en 1/2 14(16). Pores de spermathèques bien visibles dans la scissure 8/9, au-dessous de la ligne *b*. Clitellum en forme d'anneau, de couleur jaunâtre, occupe les segments 13 (14) à 17. Puberculum absent. Soies péniales en *ab* dans le segment 17 entre le clitellum et les pores mâles. Présence de papilles *ab* en 11 et 12 (figure 20).

(*baha* ; 2008)

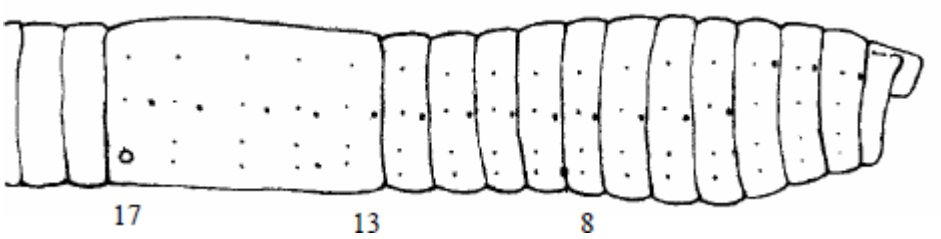


Figure 20 : Morphologie de *Microscolex phosphoreus*. ***(****baha* ; 2008)

Deux individus en été récolté dans la station de Ahmer Al Ain. En dehors des cultures

céréalières, jachères, maraîchères et friches où elle a été commune. Cette espèce s'est installée dans les sols à sesquioxyde de fer, calcimagnésiques carbonatés peu évolués non climatiques, hydromorphe et vertisol; à pH légèrement basique à neutre et à matière organique faible à moyenne. **(***baha; 2008, johnston, et al., 2017)*

II.2. FAMILLE DES MEGASCOLECIDAE (*michaelsen, 1900)*

La famille des *Megascollecidae* appartient aux *Megascolecoidea* à soies ayant une disposition lombricienne ou périchaetienne. Pores mâles en 18. Pores de spermathèques de 0 à 7 paires, antérieurs aux segments de testicules. Clitellum débutant au segment 14 ou en avant de celui-ci. Une paire de testicules dans les segments 10 et/ou 11. Une paire de prostates.

Cette famille est représentée par le genre *Amynthas* et les espèces *Amynthas sp*. dans les régions de Bouharoun wilaya de Tipaza.

II.2.1. Genre *Amynthas* (*Kinberg, 1867)*

II.2.1.1 Espèce Amynthas sp.

II.2.1.2. Description

Longueur : 5-85 mm ; largeur : 2-3 mm. Nombre de segments : 72-104. Forme cylindrique avec la partie caudale un peu effilée. Pigmentation cutanée absente ou brune claire pour certains individus. Pérostomium épilobique, 1/3, fermé. Soies périchatiennes 42, (nombre de soies 112). Pores dorsaux visibles, le premier en 8/9, 10/11,11/12. Pores mâles en 18/19. Atriums mâles subauriculaire. Pore femelle unique bien développé situé en 14 sur la ligne medio-ventrale. Absence de chaetophores. **(***lavelle et spain*, 1995, *baha* ; 2008).

Clitellum en anneau, pas de sillon transversaux, occupe les segments 13(14)-16(17). Puberculum absent (figure 37.). L'espèce *Amynthas* sp. est facilement reconnaissable par le nombre de soies et également par le fait que les individus peuvent sauter quand ils sont récoltés

.

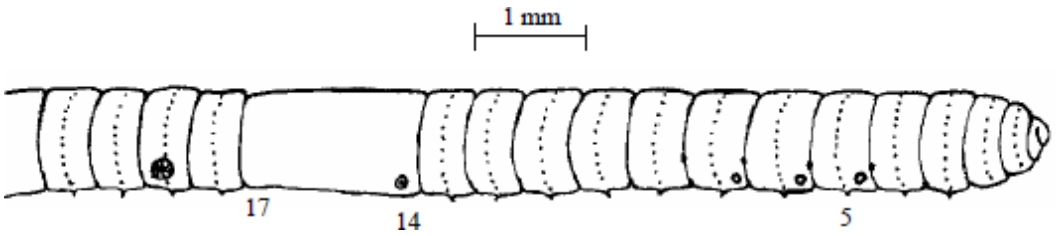


Figure 21: Morphologie de *Amynthas sp.* **(**baha ; 2008).

II.3. FAMILLE DES *LUMBRICIDAE* **(***CLAUS, 1880)*

Les *Lumbricoidea* sont à prostomium pro-, épi- ou tanylobique. Soies lombriciennes géminées ou écartées. Pores dorsaux presque toujours présents. Pores mâles en 1/2 15, très rarement en 12,13 et 14. Pores femelles en 1/2 14. Pores de spermathèques occupent des positions très variables. Capsules séminales variables ou inexistantes, deux à quatre paires de vésicules séminales. Prostates absentes.

Cette famille est représentée par les genres , *Octodrilus, Nicodrilus, Allolobophora* et les espèces, *Octodrilus complanatus , Nicodrilus caliginosus, Allolobophora rosea rosea, Allolobophora molleri* et *Allolobophora chlorotica.* Ces espèces ont été signalées au niveau des deux stations d'étude.

II.3.1. Genre *Octodrilus* **(***Omodeo, 1956)*

II.3.1.1. Espèce *Octodrilus complanatus* **(***Dugès, 1828)*

II.3.1.2. Description :

Espèce assez monotypique. Longueur : 70-198 mm ; largeur : 5-13 mm. Nombre de segments : 122-189. Forme cylindrique avec aplatissement clitellien et caudal. Pigmentation cutanée brune à grise foncée parfois brun rougeâtre. Prostomium épilobique 1/3 fermé. Présence de l'annulation secondaire, commence à partir du 10ème segment. Pores de spermathèques simples, visibles 6/7-12/13. Clitellum en forme de selle, n'est pas segmenté dorsalement en 1/2 28-37. Puberculum en 27(28)-38(39), en forme de gouttière blanche. (figure 38).

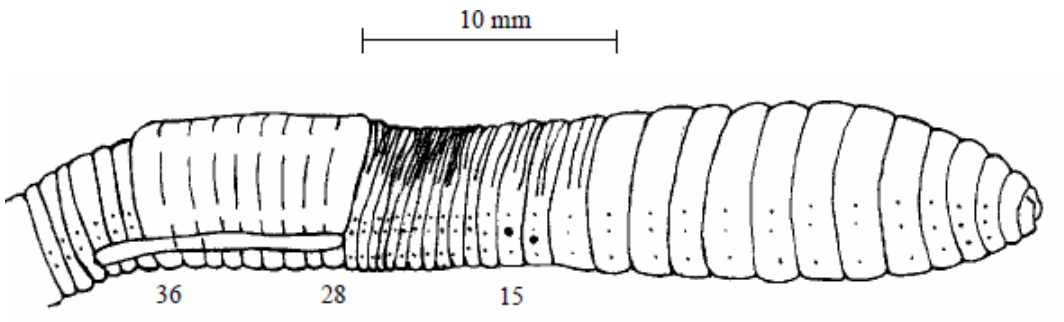


Figure 22: Morphologie de *Octodrilus complabatus*. **(***baha* 2008).

Au total 05 individus ont été signalés dans les deux régions d'étude (figure 23).

II.3.2. Genre *Nicodrilus*

II.3.2.1. Espèce *Nicodrilus caliginosus caliginosus* **(***bouché, 1972)*

Cette espèce est synonyme de *Enterion caliginosium* (*Savigny*, 1826), de *Helodrilus(Allolobophore) caliginosus* (*Michaelsen*, 1900), *Allolobophora caliginosa* (Tétry, 1937 ; *Gerard*, 1964 ; *Zicsi*, 1982), *Nicodrilus caliginosus alternisetosus* (*Bouché*, 1972), *Nicodrilus caliginosus meridionalis* (*Bouché*, 1972), *Lumbricus trapezoides* (*Dugès*, 1828), *Helodrilus (Allolobophora) caliginosus trapezoides* (*Michaelsen*, 1900), (*Bouché*, 1972).

II.3.2.2. Description

Longueur : 36 - 168 mm ; largeur : 2.8 – 5 mm. Nombre de segments : 76 - 150. Forme cylindrique aplatie au niveau caudal. Pigmentation cutanée brune. Prostomium épilobique 1/2 ouvert dans certains individus 1/3 fermé. Péristomium plus long que le deuxième segment. Pores mâles petits en 15 avec un atrium peu développé, subauriculaire en 14 et 16. Pores femelles petits en 14 près de la soie *b*. Pores des spermathèques au fond des scissures 9/10 et 10/11 sous la ligne des soies *c*. Clitellum en forme de selle à parois lisse en (26) 27 - (32) 34. Puberculum en forme de bandes clitéllaires en (26) 29-34 (figure39).

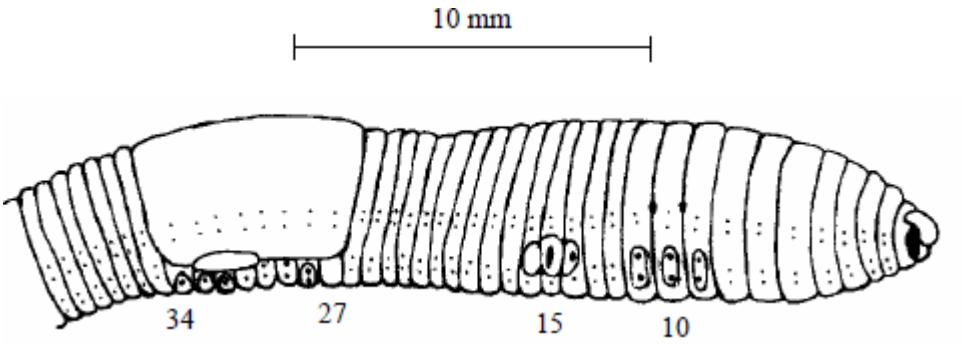


Figure 23: Morphologie de *Nicodrilus caliginosus*. *BAHA* 2008

II.3.2.3. Ecologie

Cette espèce a été récolté dans les deux station d'étude, au totale 6 espèces de *Nicodrilus caliginosus caliginosus* et 6 espèces *Nicodrilus caliginosus* on été recenses dans les deux station d'études. Selon *BAHA* 2017, cette espèce a été récoltée dans toutes sortes de culture; céréalière, maraîchère, viniculture, au niveau des abricotiers et oliviers. Dans les sols à sesquioxyde de fer, peu évolués, hydromorphes et calcimagnésiques. (*lavelle et spain*, 1995).

II.4. Genre : *Allolobophora* (*Eisen, 1874)*

II.4.1. Espèce *Allolobophora rosea* (*Savigny, 1826)*

II.4.1.1. Description

Espèce assez polymorphe. Longueur : 25-86 mm ; largeur : 1-2 mm. Nombre de segments : 83-158. Annellation secondaire post clitellienne très variable, quelquefois trois anneaux par segment. Forme cylindrique avec aplatissement clitellien avec queue apparemment tronquée. Pas de pigmentation cutanée, couleur rosâtre, clitellum jaune orangé. Prostomium épilobique, 1/3(1/2), fermé. Soies étroitement géminées. Pores mâles ponctiformes en 15 avec atrium d'extension horizontal peu développé en 14-16. Pores femelles en 14. Pores des spermathèques bien visibles en 9/10, 10/11. Clitellum en forme de selle, en relief parfois segmenté dorsalement occupe les segments (24)25-32(33). Puberculum en (29)30-31(32) sous forme de bandelettes blanches (figure 40). (*BAHA* 2008).

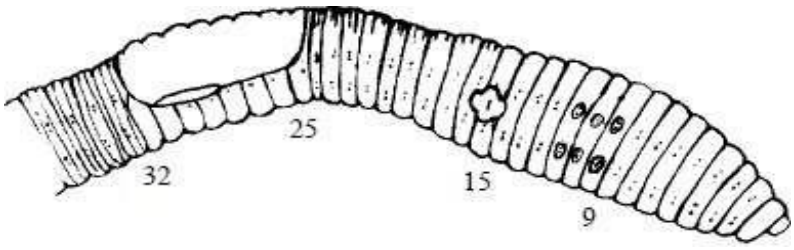


Figure 24: Morphologie de *Allolobophora rosea rosea*. **(***baha* 2008).

II.4.1.2. Ecologie

Cette espèce a été récolté dans les deux station d'étude, au totale 27 espèces de *Allolobophora rosea rosea* , selon *lavelle et spain*, 2001, cette espèce a été récoltée dans cinq types de sol, peu évolué, calcimagnésique, à sesquioxyde de fer, hydromorphe et vertisol, au niveau des différentes cultures céréalière, maraîchère et sous arbres fruitiers.

II.4.2. Espèce *Allolobophora borellii* (*Cognetti, 1904)*

II.4.2.1. Description

Longueur : 30-36 mm ; largeur : 10 mm. Nombre de segments : 70 - 85. Pigmentation cutanée absente. Forme cylindrique avec apparition caudale tronquée. Prostomium 0/1 épilobique, fermé. Soies étroitement géminées petites, rapport post-clitellien : 45 : 8 : 43 : 7.5: 130 (40). Néphridiopores disposés en solfège. Premier pore dorsal en 4/5, 5/6, 11/12 parfois en 14/15. Pores mâles en 15 avec un atrium élargi en 14 et 15. Pores femelles en 14 exceptionnellement grands avec extension au-dessous de la soie *b*. (figure .41).

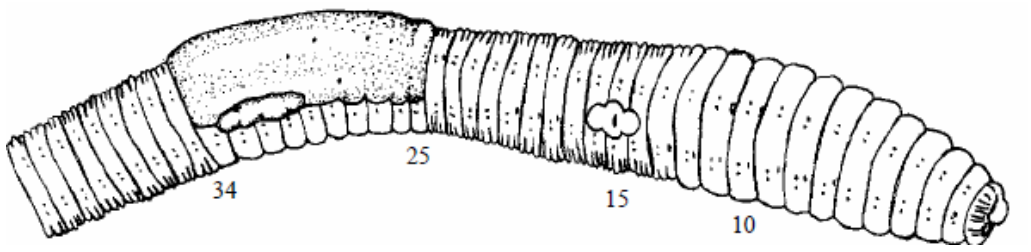


Figure 25: Morphologie de *Allolobophora borellii*. **(***baha* 2008).

II.4.2.2. Ecologie

Au totale 04 espèces d'*Allolobophora borellii* on été récoltée dans les deux stations d'étude. Selon *baha* 2008 cette espèce a été récoltée dans les cultures céréalières, jachères et friches au niveau des sols peu évolués, hydromorphes, à sesquioxyde de fer, calcimagnésiques et vertisols. Cette espèce a été échantillonnée au niveau des culture céréalière et jachères, retouvée souvent prés des cours d'eau. C'est une espèce qui semble préferer les sol humides hydromorphe et peu évolué à pente douce.

II.5.3. Espèce *Allolobophora chlorotica* (*gates, 1980)*

Cette espèce est synonyme de *Enterion chloroticum* (*savigny*, 1826) et de *Helodrilus (Allolobophora) chloroticus* (*Michaelsen*, 1900) (Tétry, 1937; *Gerard*, 1964 ; *Bouché*, 1972).

II.5.3.1. Description

Espèce assez monotypique. Longueur : 40-50 mm ; largeur : 2,5-4 mm. Nombre de segments : 90 - 116. Forme cylindrique. Pigmentation cutanée verte à brune verdâtre avec clitellum irisé. Prostomium épilobique, 1/3. Pores mâles en fente verticale en 15 avec atrium d'extension horizontale en 1/214-1/216. Pores femelles bien développés, en 14. Pores des spermathèques visibles en 8/9. Clitellum en forme de selle en 30-36(37), pas de segmentation dorsale. (figure 42).

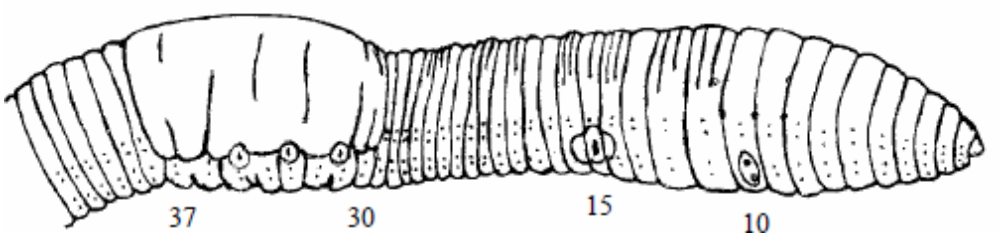


Figure 26. Morphologie de *Allolobophora chlorotica* ***(****baha* 2008).

II.5.3.2. Ecologie

au totale 11 espèces on été récolté dans les deux station d'étude. Selon baha 2008, johnston, et *al.*, 2017, Cette espèce a été trouvée dans les sols calcimagnésiques, peu évolués et hydromorphes sous agrumes et sous jachères.

Conclusion

Conclusion

Le sol est un système vivant complexe, composé de différentes phases (solide, liquide, gazeuse, biologique) interagissant pour assurer la fertilité, la régulation des cycles écologiques et le soutien de la biodiversité. Sa formation, ou pédogenèse, est un processus lent influencé par des facteurs climatiques, biologiques et géologiques. Ses propriétés physiques et chimiques conditionnent sa qualité et sa capacité à soutenir la vie.

Cependant, les activités humaines (pollution, usage excessif de produits chimiques, érosion, compaction) menacent cet équilibre fragile. Une gestion durable du sol est donc indispensable.

Les oligochètes, en particulier les lombrics, jouent un rôle écologique fondamental dans le fonctionnement du sol. Classés selon des critères morphologiques et anatomiques, ils se répartissent en trois groupes fonctionnels : épigés, endogés et anéciques, contribuant de façon complémentaire aux écosystèmes.

Une étude menée dans la wilaya de Tipaza (sites de Hamr El Aïn et Saïdia à Bouharoun) a permis d'identifier 71 individus répartis en 3 familles, 5 genres et 8 espèces, avec une prédominance de la famille **Lumbricidae**. **Allolobophora rosea** a été l'espèce la plus fréquente. Les espèces observées montrent des adaptations variées aux types de sols locaux, illustrant la richesse écologique de la région.

Bibliographie

Andren, O. & Balandreau, J. (1998). Biodiversité et fonctionnement du sol : où en sommes-nous aujourd'hui ? 16e Congrès Mondial de Science du Sol, Symposium 11, Montpellier, 20–26 août.

Bachelier, G. (1978). La faune des sols, son écologie et son action. ORSTOM, Paris, 391 p.

Baha, M. (1997). The earthworm fauna of Mitidja, Algeria. Tropical Zoology, 10:247-254.

Baha, M. (2008). Étude bioécologique des oligochètes du nord de l'Algérie. Thèse Doctorat, ENSA.

Baha, M., Berra, S. (2001). Prosellodrilus doumandjii n. sp., a new lumbricid from Algeria. Tropical Zoology, 14:87-93.

Baha, M., Isserhane, W. (2017). Les oligochètes de dhaia (Parc National de Chréa). Revue ELWAHAT. University of Ghardaïa, Algérie.

Baize, D. & Jabiol, B. (1995). Guide pour la description des sols. INRA, 375 p.

Belbachir, I. & Lakehal, S. (2017). Caractérisation de quelques types de sols entourant la zone industrielle de l'Oued El Berdi (wilaya de Bouira). Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira.

Bouché, M.B. (1972). Lombriciens de France : écologie et systématique. INRA.

Bouché, M.B. (2003). Vers de terre, de Darwin à nos jours. Un révélateur heuristique. Académie des Sciences et Lettres de Montpellier.

Boruta, B., Lemanowicz, J. & Bartkowiak, A. (2016). Variation in biological and physicochemical parameters of the soil affected by uncontrolled landfill sites. Environmental Earth Sciences, 75, 201.

Borneman, J. & Triplett, E.W. (1997). Molecular microbial diversity in soils from eastern Amazonia... Appl. Environ. Microbiol., 63, 2647–2653.

Buttler, A. (1992). Hydrochimie de nappes des prairies humides de la rive sud de lac de Neuchâtel. Bulletin d'Écologie, pp. 415–421.

Calvet, R. (2003). Le sol, propriétés et fonctions, tome 1 & 2. Éditions France Agricole / Dunod.

Callot, H. et al. (1982). Mieux comprendre les interactions sol-racines. Paris.

Chassin, P., Baize, D., Cambier, P. & Stecheman, T. (1996). Les éléments traces métalliques et la qualité des sols. Étude et Gestion des Sols, 3, 297–306.

Clavet, R. (2003). Le sol, propriétés et fonctions, tome 2. Éditions France Agricole / Dunod.

Cognetti de Martiis L. (1931). Catalogo dei lumricidi. Arch. Zool. It., 15, 371–443.

Concaret, J. (1967). Étude des mécanismes de la destruction des agrégats de terre... Annales Agronomiques, 18, 65–90.

Darwin, C. (1881). The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits. London: Murray, 298 p.

Duchaufour, P. (1977). Pédologie, pédogenèse et classification. Masson, Paris, 477 p.

Frerert, R.K., Schwab, G.O., Edminster, T.W. & Barnes, K.K. (1995). Soil and Water Conservation Engineering. John Wiley & Sons.

Gates, G.E. (1972). Burmese Earthworms... Transactions of the American Philosophical Society, Vol. 62, No. 7.

Gerard, B.M. (1964). Synopses of the British Fauna. 6. Lumbricidae (Annelida). London: Linnean Society.

Girard, M. et al. (2005). Sols et environnement. Dunod, Paris, 816 p.

Gobat, J.-M. et al. (1998). Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.

Gobat, J.-M. (2010). Le sol vivant (3e éd.). Presses polytechniques et universitaires romandes.

GOBAT, J.-M., Aragno, M. & Matthey, W. (2010). Le sol vivant : bases de pédologie – biologie des sols (3e éd.).

Hausenbuiller, R.L. (1978). Soil Science: Principles and Practices. Wm. C. Brown.

Henin, S., Gras, R. & Monnier, G. (1969). Le profil cultural. Masson, Paris.

Henin, S., Monnier, G. & Combeau, A. (1958). Méthode pour l'étude de la stabilité structurale des sols. Annales Agronomiques, 9, 73–92.

Hicks, R.J. et al. (1990). Review and evaluation of the effects of xenobiotic chemicals on microorganisms in soil. Adv. in Applied Microbiology, 35, 195–253.

Hillel, D. (1974). L'eau et le sol, principes et processus physiques.

Lavelle, P. & Spain, A.V. (2001). Soil Ecology. Kluwer Academic Publishers.

Lavelle, P. et al. (1997). Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. European Journal of Soil Biology, 33(4), 159–193.

Mekhloufi, F., Baha, M. (2024). Diversity and ecological roles of earthworms in forest ecosystems of Médéa, Algeria.

.